

**Zpracování dopravních dat v
prostorové databázi**

**Processing of Traffic Data in Spatial
Database**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Ondruš**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612T025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Zpracování dopravních dat v prostorové databázi**
Processing of Traffic Data in Spatial Database

Zásady pro vypracování:

Účelem práce je zpracovat a analyzovat dopravní data. Data představují záznam pohybu vozidel po silniční síti, případně dopravní ukazatele jako je intenzita dopravy apod. Zpracování těchto dat má ukázat korelaci mezi různými zdroji dat i daty s různou povahou významu informací.

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s dopravními daty s ohledem na indexaci v prostorové databázi.
2. Navrhněte postup předzpracování dat tak, aby bylo možné dopravní data ve vhodném formátu ukládat do databáze.
3. Data uložte do prostředí databáze s podporou pro prostorová data a proveďte vhodnou indexaci.
4. Navrhněte a implementujte algoritmy pro ověření korelací mezi různými daty.
5. Proveďte testy algoritmů v databázovém prostředí a to včetně testů výkonnostních.
6. Proveďte vyhodnocení dosažených výsledků

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Rigaux P., Scholl M., Voisard A.: Spatial Databases: With Application to GIS, ISBN-10: 1-55860-588-6, MORGAN KAUFFMAN 2001
- [2] Documentace fy Oracle: <http://www.oracle.com/technetwork/database/options/spatial/>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Daniela Szturcová, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



doc. Dr. Ing. Eduard Sojka
vedoucí katedry

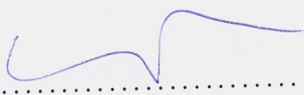


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 *Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava*.

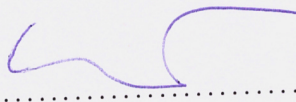
Část této diplomové práce obsahuje důvěrné informace, které byly poskytnuty na základě podepsané dohody o zachování mlčenlivosti. Tato mlčenlivost se týká dat, které poskytovaly třetí strany účastníci se projektu RODOS, z tohoto důvodu nejsou ve veřejné části diplomové práce zveřejněny veškeré detailní informace. Plné znění textu bude poskytnuto na vyžádání na katedře informatiky.

V Ostravě 13. dubna 2014


.....

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 13. dubna 2014


.....

Rád bych poděkoval RNDr. Daniele Szturcové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

Abstrakt

Téma této diplomové práce je zpracování dopravních dat v prostorové databázi, která se získávají z reálného provozu na pozemních komunikacích. V teoretické části je popsáno jakými technologiemi je možné data získávat a jaká technologie byla využita pro sběr dat, která mi byly poskytnuta. Druhá (praktická) část této práce popisuje jaká data mi byla poskytnuta, jakým způsobem data musela být zpracována a s jakými problémy jsem se v průběhu zpracovávání dat setkal. V této části se také nachází srovnání jednotlivých zdrojů dat.

Klíčová slova: Databázové systémy, prostorové databáze, telematika, dopravní data.

Abstract

The topic of this thesis is the processing of traffic data in the spatial database that are extracted from real road. In the theoretical section describes how technologies can acquire data and what technology was used to collect the data that I have been given. The second (practical) part describes what data was provided to me how the data had to be processed and what problems I had during the processing of data encountered. In this section there is also a comparison of different data sources.

Keywords: Database systems, spatial databases, telematics, traffic data.

Seznam použitých zkratek a symbolů

IBM	– International Bussiness Machines
UNIVAC	– UNIVersal Automatic Computer
COBOL	– Common Bussiness Oriented Language
DBTG	– Database Task Group
SŘBD	– Systém Řízení Báže Dat
SEQUEL	– Structured English Query Language
SQL	– Structured Query Language
DDL	– Data Definition Language
SDL	– Storage Definition Language
VDL	– View Definition Language
DML	– Data Manipulation Language
BLOB	– Binary Large Object
PL/SQL	– Procedural Language/Structured Query Language
NDIC	– Národní Dopravní Informační Centrum
GPS	– Global Positioning System
GSM	– Global System for Mobile Communications
DRIVE	– Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety
ETC	– Electronic Toll Collection
DSRC	– Dedicated Short-Range Communication
LPR	– Licence Plate Recognition
OBU	– On Board Unit
GPRS	– General Packet Radio Service
GNSS	– Global Navigation Satellite System
NAVSTAR	– Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System
GNSS-CN	– Global Navigation Satellite System and Cellular Network
GLONASS	– GLObalnaja NAvigacionnaja Sputnikovaja Sistěma
LSVA	– Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
ITS	– Intelligent Transport Systems

Obsah

1	Úvod	7
2	Telematika	8
2.1	Historie a současnost telematiky	9
2.2	Budoucnost telematiky	10
3	Sčítání dopravy, detekce kolon a stupně provozu	13
3.1	ASIM	15
4	Elektronické mýto	18
4.1	Systém DSRC	18
4.2	Systém GNSS/CN	20
4.3	Systém LSVA	20
4.4	Systém LPR	21
4.5	Elektronické mýto v Evropě	22
4.6	Elektronické mýto v ČR	23
5	Určování polohy	27
5.1	GNSS	27
5.2	GPS	28
6	Databázové systémy	31
6.1	Historie	31
6.2	Systém řízení báze dat	33
6.3	Jazyk SQL	34
6.4	Historie prostorových databází	34
6.5	Oracle databáze	36
7	Příprava pro analýzu dat	39
7.1	Vygenerování náhodných bodů	39
7.2	Podkladové mapy	40
7.3	Přiřazení bodů do okresů	41
7.4	Výsledek experimentu	41
8	Struktura analyzovaných dat	42
8.1	Mýtné brány	42
8.2	ASIM	43
9	Import dat	44
9.1	Mýtné brány	44
9.2	ASIM	45
9.3	Příprava dat pro prostorové zobrazení	45
9.4	Vizualizace zdrojů dat	46

10 Úpravy dat	47
10.1 Úprava ASIMy	47
10.2 Úpravy dat z mýtných bran	48
10.3 Kontrola shodných lokalizací mýtných bran a ASIMů	49
11 Srovnání zdrojů dat	52
12 Rozdíly mezi zdroji dat	54
12.1 Kontrola správnosti dat vůči původnímu zdroji	54
13 Výstupy	58
14 Statistické výstupy	63
14.1 Porovnání zdrojů dat ze statistického hlediska	63
15 Druhý soubor dat určený k analýze	69
15.1 Struktura dat z mýtných bran	69
15.2 Struktura dat z ASIMů	69
15.3 Proces zpracování dat	70
15.4 Srovnání dat	71
16 Závěr	74
17 Reference	75
Přílohy	78

Seznam tabulek

1	Globální družicové polohové systémy část jedna zdroj [19]	27
2	Globální družicové polohové systémy část dvě zdroj [19]	27
3	Tabulka rozdílů záznamů částečná	54
4	Statistické výstupy příklad 1	63
5	Statistické výstupy příklad 2	66

Seznam obrázků

1	Ukázka některých telematických aplikací. Převzato [1]	8
2	Mapa dopravní telematiky převzato Převzato [1]	9
3	Ukázka indukční smyčky na vozovce. Převzato [5]	14
4	Vyzařovací pole detektoru ASIM. Převzato [37]	17
5	Detektor dopravy ASIM na bráně elektronického mýta. Převzato [5]	17
6	Systém DSRC. Převzato [9]	19
7	Převzato [8]	19
8	Systém GNSS/CN. Převzato [8]	20
9	Systém LSVA. Převzato [9]	21
10	Systém LPR. Převzato [10]	22
11	Jednotka OBU (premid). Převzato [16]	23
12	Zařízení na mýtné bráně převzato [13]	24
13	Kontrolní mýtná brána. Převzato [6]	25
14	Čidlo pro komunikaci s OBU Převzato [6]	25
15	Funkce kontrolní brány.Převzato [6]	25
16	Síť zpoplatněných komunikací Převzato [17]	26
17	Oběžné dráhy satelitů GPS. Převzato [23]	29
18	Umístění stanic řídicího segmentu. Převzato [24]	29
19	Určení polohy pomocí tří bodů. Převzato [19]	30
20	Ukázka geometrických typů. Převzato [34]	38
21	Struktura SDO GEOMETRY	39
22	Ukázka zobrazení shapefilů cest na území České republiky	40
23	Ukázka zobrazení shapefilů okresů na území České republiky	41
24	Vizualizace okresů s body	41
25	Struktura zdrojových dat	42
26	Vizualizace zdrojů dat	46
27	ASIMY počítání v rámci jízdních pruhů	47
28	Graf srovnání zdrojů dat od 0:00 do 12:00	52
29	Graf srovnání zdrojů dat od 12:00 do 24:00	53
30	Proces zpracování	55
31	Proces zpracování	57
32	Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 1	58
33	Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 2	59
34	Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 3	60
35	Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 4	61
36	Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 5	62
37	Histogram četnosti příklad 1	64
38	Krabicový graf příklad 1	64
39	Bodový graf závislosti příklad 1	65
40	Histogram četnosti příklad 2	67
41	Krabicový graf příklad 2	67
42	Bodový graf závislosti příklad 2	68

43	Struktura složek	69
44	Rozdílnost dat	71
45	Rozdílnost dat detail	72
46	Srovnání dat z první sady a druhé sady	72
47	Srovnání dat z první sady a druhé sady detail	73

Seznam výpisů zdrojového kódu

1	Vytvoření náhodných bodů	40
2	JAVA kód v SQL	44
3	Ukázka objektu SDO GEOMETRY pro bod	45
4	Procedura pro úpravu dat pro prostorové zobrazení	45
5	Procedura pro rozdělení na atomické datum	48
6	Procdura pro seskupení dat v rámci jedné polohy	49
7	Implementace vzdálenosti	50
8	Funkce DEG2RAD	51

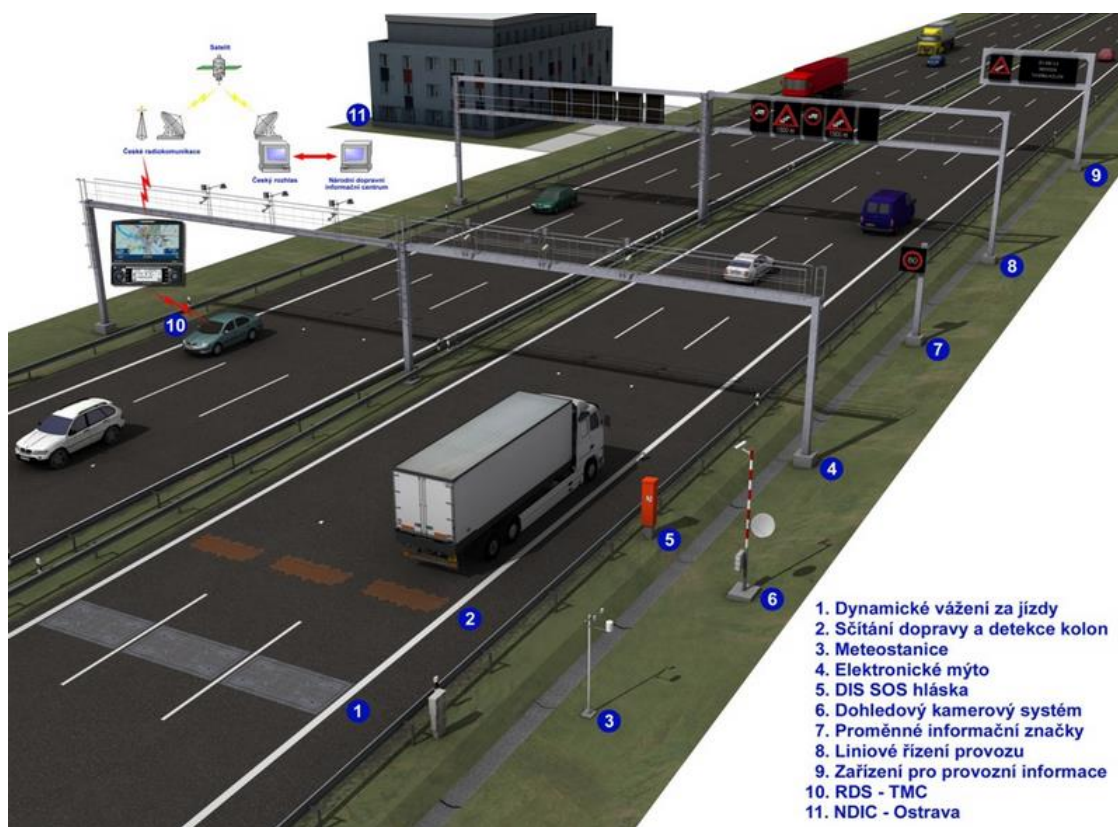
1 Úvod

Hlavním cílem mé diplomové práce je seznámit čtenáře se zpracováním dopravních dat v prostorové databázi. V úvodních kapitolách této práce se budu zabývat nastíněním toho jakým způsobem se dopravní data získávají, jak se telematické systémy vyvíjely a kam pravděpodobně směřují. S těmito systémy pro získávání dopravních dat, se také pojí systémy pro určování polohy na povrchu Země. Popis těchto systému je také obsažen v této diplomové práci. V jedné z kapitol je také popis historie databázových systémů a prostorových databází včetně popisu systému firmy Oracle, který byl využit pro zpracovávání dopravních dat. V další části popisují struktury poskytnutých dat, jejich zpracování a také výsledky porovnání jednotlivých zdrojů dat.

2 Telematika

Název telematika vznikl kombinací slov telekomunikace a informatika a jedná se o technologický obor, který se zabývá kombinací přenosu a zpracování dat. Telematiku tedy můžeme využít ve velkém spektru oblastí od komunikace mezi jednotlivci až po inteligentní řízení globálních odvětví, jako jsou doprava či veřejná správa. Nejvýznamnější aplikací je pak dopravní telematika, také označována jako inteligentní dopravní systémy (ITS). Dopravní telematika se zabývá navigačními systémy, systémem řízení dopravy a poskytování informací účastníkům provozu. Pro určení polohy přístroje nebo vozidla je využívána technologie GPS. [1][2]

Dopravní telematické systémy například umožňují v daném úseku komunikace průběžně sledovat a vyhodnocovat charakteristiky dopravního proudu (hustotu provozu, intenzitu provozu, průměrnou rychlost proudu vozidel, odstupy vozidel apod.), meteorologické informace nebo například skladbu vozidel, jejich hmotnost, průjezd kradených automobilů atd. Informace a data jsou zpracovávány v datovém centru, jako jeden z příkladů mohu uvést Národní dopravní informační centrum (NDIC). [1]



Obrázek 1: Ukázka některých telematických aplikací. Převzato [1]



Obrázek 2: Mapa dopravní telematiky převzato Převzato [1]

2.1 Historie a současnost telematiky

Pro pochopení telematiky je důležité pochopit GPS, který je popsán níže v části s názvem GPS 5.2. Bez GPS by nebyla telematika taková, jakou ji známe dnes. GPS je systém pro navigaci a určování polohy, který byl vyvinut Ministerstvem obrany Spojených států amerických, které si bylo dobře vědomo toho, jak důležité je znát přesné lokalizace svých jednotek nacházejících se např. na bitevním poli. Díky tomu, že GPS přijímač je schopen určit přesnou polohu na planetě Zemi se tato původně vojenská technologie dostala nejprve k letecké a lodní dopravě a poté i k běžným uživatelům, u kterých si získala velkou oblibu.

Jaký je rozdíl mezi telematikou a GPS? Telematika, navazuje tam, kde skončilo GPS. V praxi to tedy znamená, že telematika využívá GPS, aby koncoví uživatelé mohli využívat mnoha dalších služeb, jako jsou například navigační služby. GPS poskytuje pouze data o poloze, která využívá telematika k další analýze a také ke sdílení těchto informací s ostatními uživateli. To umožňuje poskytovat širokou škálu služeb, které je možné díky telematice využívat.

Obrovský posun v telematice nastal v devadesátých letech minulého století, protože se objevila zařízení, která slučovala GPS, GSM a internet, což umožnilo třeba automobilům vstoupit do úplně nové éry. Do roku 1984 se datuje také usnesení Evropského Parlamentu, které mělo za úkol podpořit bezpečnost silničního provozu, což znamenalo velký impuls

pro telematiku.

Studie, která probíhala v osmdesátých letech dvacátého století, měla za úkol zmapovat informatiku a vývoj telekomunikačních technologií a pomoc tak nalézt nové aplikace v oblasti bezpečnosti silničního provozu. Díky této studii se začal provádět výzkumný program s názvem DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety).[4]

Tento komunitní výzkumný program byl zaměřený na hledání způsobů využití telematiky pro bezpečnost silničního provozu, vyšší úroveň efektivity a snížení dopadu na životní prostředí. V roce 1993 se Evropská Unie rozhodla zvýšit svou konkurenceschopnost prostřednictvím silnějších logistických sítí a dopravy. Digitální revoluce, která byla v této době aktuální, dala podnět k tomu, aby vůdci věřili, že se pomocí telematiky svezou na vlně k hospodářskému úspěchu. Informatika a technologie byly považovány za klíčový faktor, který ovlivní konkurenceschopnost.

Výzkum v oblasti telematiky byl silně podporován vládami jako způsob, jak zlepšit řízení a harmonizaci dopravy skrze Evropskou Unii. Pilotní projekty byly vytvořeny k zjištění, zda jsou technologie na dostatečné úrovni, aby je bylo možné využít při dalším vývoji této nové vize.

Jejich vize zahrnovala efektivnější Evropu s bezpečnější dopravou a lepší integraci v rozmanitých dopravních systémech.

Zde je přehled některých klíčových technologických inovací, k nimž došlo v oblasti telematiky během několika posledních let.

- 2000 – byly uvedeny první GSM a GPS systémy.
- 2002 – Bluetooth hands free s integrovanými pokročilými hlasovými funkcemi.
- 2003 – Integrovaný GSM telefon s Bluetooth.
- 2007 – Byla představena integrace multimédií do telefonů.
- 2009 – Plně integrovaná mobilní navigace využívající automobilový GSM systém.
- 2010 – 3G multimediální zábavní systém v automobilu .
- 2011 – představení telematických a informačních systémů založených na Linuxu.

[3]

2.2 Budoucnost telematiky

Jelikož inovace v oblasti telematiky jsou velmi populární, staly se součástí každodenního života spousty lidí, což vede a vedlo ke snížení ceny pro konečné zákazníky. Navigace se budou vyrábět s nižšími náklady, budou poskytovat větší možnosti komunikace mezi vozidly, což povede k dopravě, která bude ekologicky šetrnější. Navigační systémy se stávají stále více populární a to díky řidičům, kteří si uvědomují výhody, které nabízí. Služby, které jsou dostupné pomocí telematických zařízení se více a více budou rozdělovat do dvou kategorií:

- Služby zdarma.
- Placené služby.

To povede ke zvýšení počtu dostupných možností pro spotřebitele, zejména pokud se bude zvyšovat distribuce telematických systémů běžících na platformách jako jsou Android, Windows a IOS. Zvýšená možnost personalizace, která umožní přizpůsobit a upravit telematické systémy, pak udrží toto odvětví stále populární. Do budoucna je také velmi pravděpodobné, že nastane možné slučování telematických systémů, což umožní mít telematickou „černou skříňku“ spolu se zábavním systémem v jedné jediné jednotce.

Výrobci automobilů také nabízejí další možnosti pro vývoj aplikací. Předchozí model byl založen pouze na vývoji aplikací výrobci automobilů a poté jejich poskytování uživatelům. Nyní výrobci automobilů naslouchají více spotřebitelům a snaží se tedy zaměřit na spolupráci s čelními představiteli softwarových firem, jako jsou Apple a Google. Větší interaktivitu nám poskytnou také nové systémy založené na dotykovém ovládní, které jsou už nyní citlivější, než tomu bylo v minulosti například hlasové ovládní, sledování pohybu uživatele pomocí kamer až po obrazovky citlivé na teplo.

Za samozřejmost pak také považují větší propojení mezi uživateli automobilů a to za předpokladu zvyšování rychlosti připojení a počtu služeb v oblasti telematiky, což znamená, že se bude možné spojit s ostatními uživateli na silnicích, sociálních sítích a také možná zavést virtuální sdružování automobilů, abychom docílili snížení spotřeby paliva tím, že lidé, kteří budou cestovat na stejné místo, využijí menší počet automobilů. Tuto službu se snaží již dnes na území České republiky provozovat společnost Jízdomat.cz s.r.o., jež je provozovatelem internetové stránky www.jizdomat.cz.

U telematických systémů můžeme také předpokládat přesun z uzavřených systémů výrobců na otevřený software s univerzálními normami. Místo toho, aby se výrobci snažili rozvíjet své vlastní proprietární systémy, se telematika více standardizuje a tím se dosáhne kompatibilitnosti mezi jednotlivými výrobci. Toto bude mít také za následek to, že přechod z přístroje jednoho výrobce k druhému, případně z jednoho automobilu na druhý, bude velmi flexibilní. Dalším rysem budoucnosti telematiky bude v každém případě i její snadnější použití a jednodušší rozhraní, které bude více intuitivní. Existuje mnoho různých aplikací, které se v současné době vyvíjejí, některé z nich jsou uvedeny v následujícím seznamu.

- Zpětná vazba na způsob řízení řidiče.
- Zpětná vazba na stav vozovky.
- Upozornění a aktualizace týkající se dopravy.
- Předčítání elektronických knih při řízení automobilu.

Telematické systému budou schopny také poskytovat spoustu lokálních informací a to díky síle internetu a určování polohy pomocí GPS. Vůz bude schopen dynamicky poskytovat informace, ať už jste kdekoliv. Představa může být taková, že kdykoliv se budete nacházet v neznámém městě a budete mít hlad, váš automobil vám doporučí

nejlepší restaurace dle hodnocení na internetu a během jízdy si také budete moci objednat jídlo ve vámi vybrané restauraci. Telematika umožní, aby se silnice staly bezpečnější. Existuje několik zajímavých inovací:

- Statistická analýza „černých míst“, které jsou nebezpečné pro řidiče. Na tato nebezpečí může telematický systém řidiče včas upozornit, aby mohli v tomto místě včas zpomalit.
- Lepší data pro místní samosprávy, aby učinili tato místa bezpečnější a přizpůsobili dopravní systémy.

Telematický systém bude také směřovat řidiče k bezpečnějšímu řízení tím, že bude poskytovat zpětnou vazbu o jízdě řidiče v reálném čase. To může zvýšit bezpečnost provozu na pozemních komunikacích, protože bezohlední řidiči budou ihned upozorněni na svou jízdu.

Další výhodou pro automobily bude lepší přizpůsobení aktuálnímu stavu vozovky. Vezměme v potaz například to, že se blíží déšť, automobil je schopen dopředu přizpůsobit brzdy, citlivost řízení a další natavení automobilu daleko dříve než se dostanete do místa, kde prší, což také přispěje k bezpečnosti v dopravě. [3]

3 Sčítání dopravy, detekce kolon a stupně provozu

S dopravním telematikou je spojeno také sčítání dopravy, které je nutné pro analýzu a zlepšení dopravních telematických systémů. Pokud je možno toto sčítání dělat v reálném čase, pak je možné odhadnout, zde se v daném úseku vytvoří kolona či nikoliv a do budoucna tedy řidičům s předstihem poskytnout informaci o objížděce. Pro sčítání dopravy, detekci kolon a určování stupně provozu se využívá několik různých typů telematických systémů. Nejvíce jsou osazeny detektory hlavní tahy a to komunikace typu D (dálnice) a R (rychlostní komunikace). Jedná se o tyto systémy.

- Indukční smyčky na mezi křižovatkových úsecích D a R,
- detektory na D1, D2 a D5,
- využití dat z elektronického mýta,
- využití dat z Floating car data (FCD),
- sledování a vyhodnocování stupňů provozu manuálně podle obrazu z kamerových systémů.

Tyto systémy nepřetržitě (nejčastěji v 5 minutových intervalech) sledují průměrné rychlosti vozidel, rozdělují provoz do kategorií (osobní vozidlo, nákladní vozidlo, autobus, motocykl), hustoty a intenzity dopravy a další. Toto měření probíhá na definovaném úseku na pozemních komunikacích. Na základě těchto dat se poté provádí i výpočty stupňů provozu na škále od 1 do 5 kde:

1. Plynulý provoz, provoz jednotlivých vozidel,
2. houstnoucí provoz, provoz malých skupinek vozidel, odbavování křižovatek bez problémů,
3. silný provoz, tvoří se proudy vozidel, ale provoz je plynulý, kde průměrná rychlost je nižší než je maximálně povolená,
4. tvorba kolon vozidel, provoz není plynulý a rychlost je výrazně snížena,
5. dopravní kolaps, vozidla stojí, případně popojíždí.

V některých velkých městech je provoz vyhodnocován na základě posouzení obrazu z kamerových systému, kde provoz vyhodnocuje příslušník policie. [5]



Obrázek 3: Ukázka indukční smyčky na vozovce. Převzato [5]

3.1 ASIM

Přístroje ASIM jsou mikrovlnné resp. ultrazvukové detektory, které se využívají k měření dynamiky provozu a jedná se o jeden z nejrozšířenějších dopravních detektorů, které jsou umístěny na silnicích v České Republice. Převážná část těchto detektorů se nachází na dálnici D1 a jsou umístěny na mýtných branách. ASIMy se skládají ze tří detekčních technologií:

- Mikrovlnného detektoru - radaru.
- Ultrazvukového čidla.
- Pasivního infračerveného detektoru.

[37] [35]

3.1.1 Mikrovlnné detektory - radary

Pracují na principu vyzařování a přijímání kmitočtu 24,125 GHz (K-pásmo). Paprsek je odražen jedoucím vozidlem a je přijímán vstupním senzorem. Procesor porovnává Dopplerovský posuv kmitočtů.

- Výhody:
 - necitlivý ke špatnému počasí,
 - operace ve dne v noci,
 - jediné čidlo je schopno nahradit několik indukčních smyček,
 - životnost,
 - nízké náklady.
- Nevýhody:
 - problémy při extrémně nízkých teplotách a silném provozu (není vhodný ke sčítání vozidel),
 - obtížná výměna,
 - Dopplerův senzor nedetekuje stojící vozidla.
- Doporučené využití získaných dat:
 - přítomnost,
 - obsazenost,
 - rychlost,
 - počet vozidel,
 - klasifikace vozidel.

[36]

3.1.2 Ultrazvukové detekce

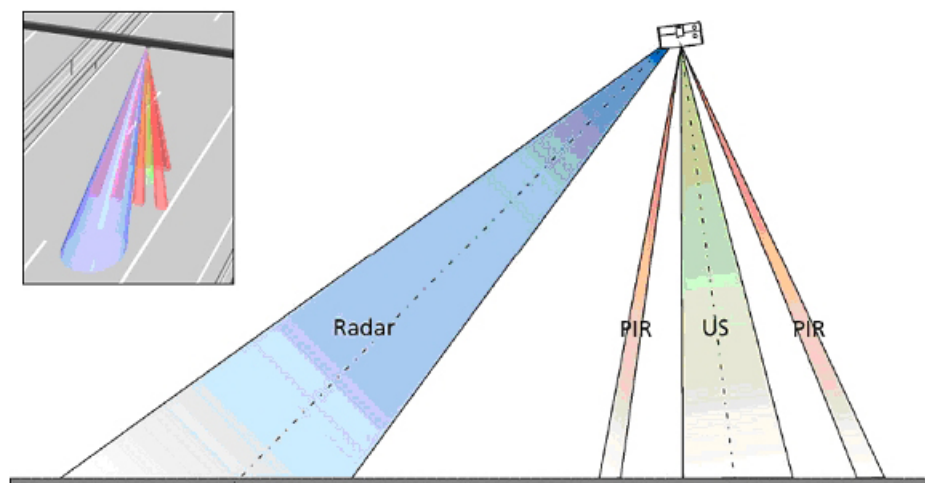
Principem ultrazvukové detekce vozidel je vysílání ultrazvukových vln pod úhlem 20 - 90 stupňů k vozovce. V případě průjezdu vozidla dojde ke změně intenzity odraženého paprsku, která se následně vyhodnotí. Jedná se tedy o princip založený na úbytku energie zvukových vln, která se snižuje s kvadrátem vzdálenosti.

- Výhody:
 - neintrusivní,
 - umožňuje aplikaci na více jízdních pruzích.
- Nevýhody:
 - změny teploty a extrémní poryvy větru mohou ovlivnit výstupy měření,
 - dlouhé intervaly mezi vysílanými signály mohou omezit přesnost měření obsazenosti pro vyšší rychlosti vozidel.
- Doporučené využití získaných dat:
 - počet vozidel,
 - přítomnost vozidel,
 - obsazenost,
 - délka vozidel,
 - výška vozidel.

[36]

3.1.3 Pasivní ultrazvuková detekce

Tento detektor pracuje na principu detekce rozdílu mezi pohybujícím se vozidlem, které kolem sebe způsobuje záření, a okolím. Má za úkol spouštět funkci ultrazvukového měření, ale nejdůležitější funkcí tohoto detektoru je detekovat vozidla, která přejíždí z jednoho pruhu do druhého a vozidla jedoucí mimo vyznačené pruhy. [37]



Obrázek 4: Vyzařovací pole detektoru ASIM. Převzato [37]



Obrázek 5: Detektor dopravy ASIM na bráně elektronického mýta. Převzato [5]

4 Elektronické mýto

Elektronické mýto je specializovaný telematický systém pro sledování a vyhodnocování provozu na úsecích, které podléhají výkonovému zpoplatnění. Ve světě se využívají různé druhy technologií pro systém výběru mýtného (ETC - Electronic Toll Collection):

- DSRC (Dedicated Short-Range Communication) – přenos založený na komunikaci mezi zařízením na infrastruktuře a jednotkou ve vozidle.
- GNSS-CN (Global Navigation Satellite System & Cellular Network) – měření zajišťuje jednotka ve vozidle díky GNSS a přenos je realizován celulární sítí.
- LSVA (Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) – kombinace DSRC a GNSS ve spojení s digitálním tachografem.
- LPR (Licence Plate Recognition) – systém založený na rozpoznávání registračních značek.

Jedná se o tzv. free-flow systémy, které umožňují zpoplatnění bez nutnosti omezovat rychlost nebo směr jízdy. [6] [7]

4.1 Systém DSRC

Tato metoda umožňuje bezdrátový přenos dat na krátkou vzdálenost mezi vozidlem a zařízením umístěným na infrastruktuře. Tento přenos probíhá na bázi mikrovlnného nebo infračerveného přenosu. Využívané frekvence jsou:

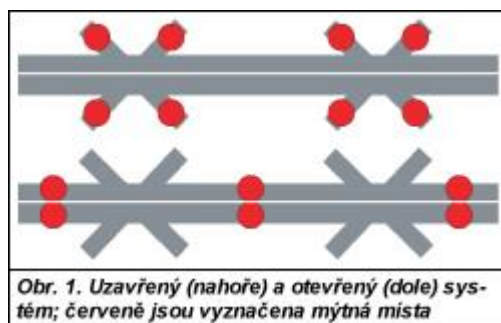
- Severní Amerika – 902 až 928 MHz.
- Evropa, Austrálie, Jižní Amerika – 5,8 GHz nebo 5,9 GHz.
- Jihovýchodní Asie – infračervený přenos.

Systém DSCR je nyní hojně využíván pro výběr mýtného, ale lze ho využít i pro další aplikace jako například komunikace mezi dopravními značkami a vozidlem. Tento systém je v současnosti rozšířen v mnoha státech jako je např. Francie, Austrálie, Itálie, Portugalsko. DSCR je možné navrhnout dvěma způsoby:

- Uzavřený systém – všechny vjezdy a výjezdy jsou vybaveny mýtnými místy.
- Otevřený systém – mýtné místa jsou umístěny na mezi křižovatkových úsecích.

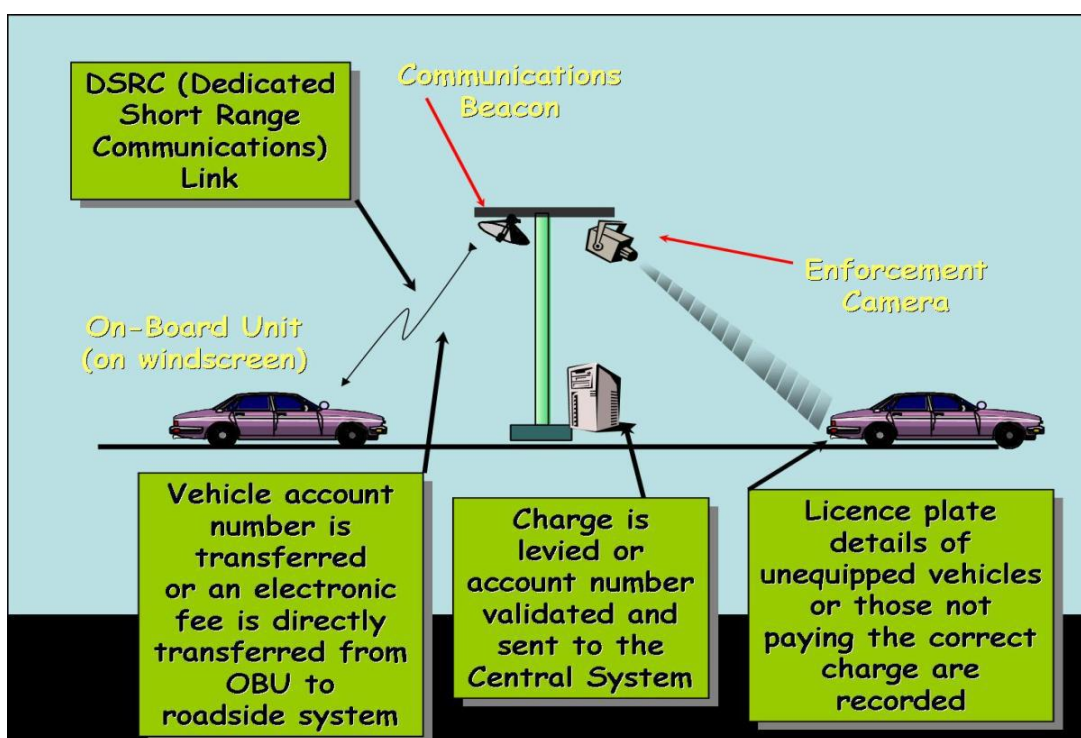
Otevřený systém je lepší alternativou oproti uzavřenému a to zejména pro případ, že když nebude fungovat jedno mýtné místo u výjezdu v případě uzavřeného systému, pak není možné zpoplatnit ani část cesty vozidla po dálnici.

Vlastní zpoplatnění je realizováno průjezdem vozidla mýtným místem, kde jsou prostřednictvím DSRC přenášena data mezi jednotkou ve vozidle (OBU – On Board Unit) a zařízením umístěným na infrastruktuře. Na základě této komunikace je zaznamenán čas,



Obrázek 6: Systém DSRC. Převzato [9]

místo průjezdu a také číslo OBU. Na základě těchto údajů je pak vypočten poplatek za ujetou vzdálenost dle typu vozidla. Výše tohoto poplatku je vypočítávána buďto v OBU (decentralizovaně) nebo centralizovaně v účtovacím centru. Tento systém je dlouhodobě osvědčený, avšak má vysoké nároky na infrastrukturu u komunikací. [7] [8] [9]

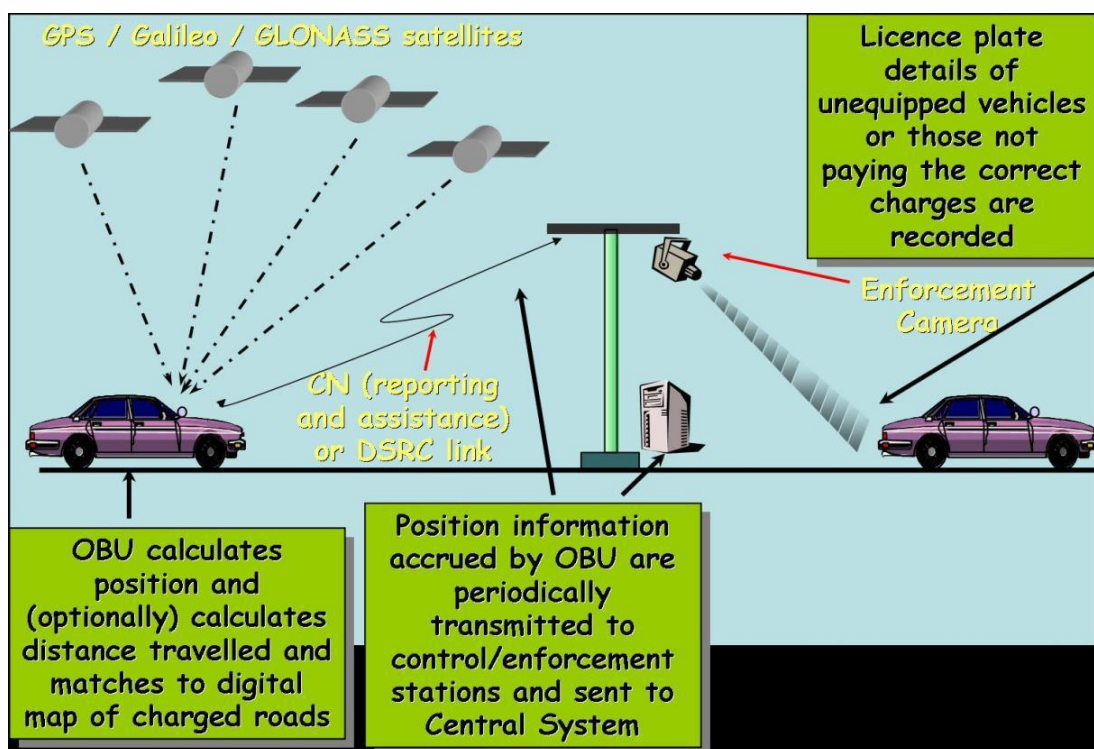


Obrázek 7: Převzato [8]

4.2 Systém GNSS/CN

Systém na bázi GNSS/CN pracuje s virtuálními místy, jejichž poloha je uložena v digitální databázi v OBU jednotce. Velkou výhodou je, že aktualizaci virtuálních míst je možné udělat bez nutného velkého zásahu, stačí pouze aktualizovat údaje v databázi OBU jednotky. Projíždí-li auto zpoplatněným úsekem, je jeho poloha určena díky GPS, což umožňuje spočítat i ujetou vzdálenost. Na základě ujeté vzdálenosti se poté v OBU spočítá mýtné, které je v určitých intervalech zasíláno pomocí GSM/GPRS do zúčtovacího centra.

Tento systém můžeme zařadit mezi uzavřené systémy, i když jsou placené úseky „ohraňované“ pouze virtuálními mýtnými místy. Výhodou tohoto systému jsou malé nároky na fyzickou infrastrukturu a změnu ve virtuálních mýtných místech. Nevýhodou je prozatím nedostatek zkušeností s tímto systémem. [7] [8] [9]



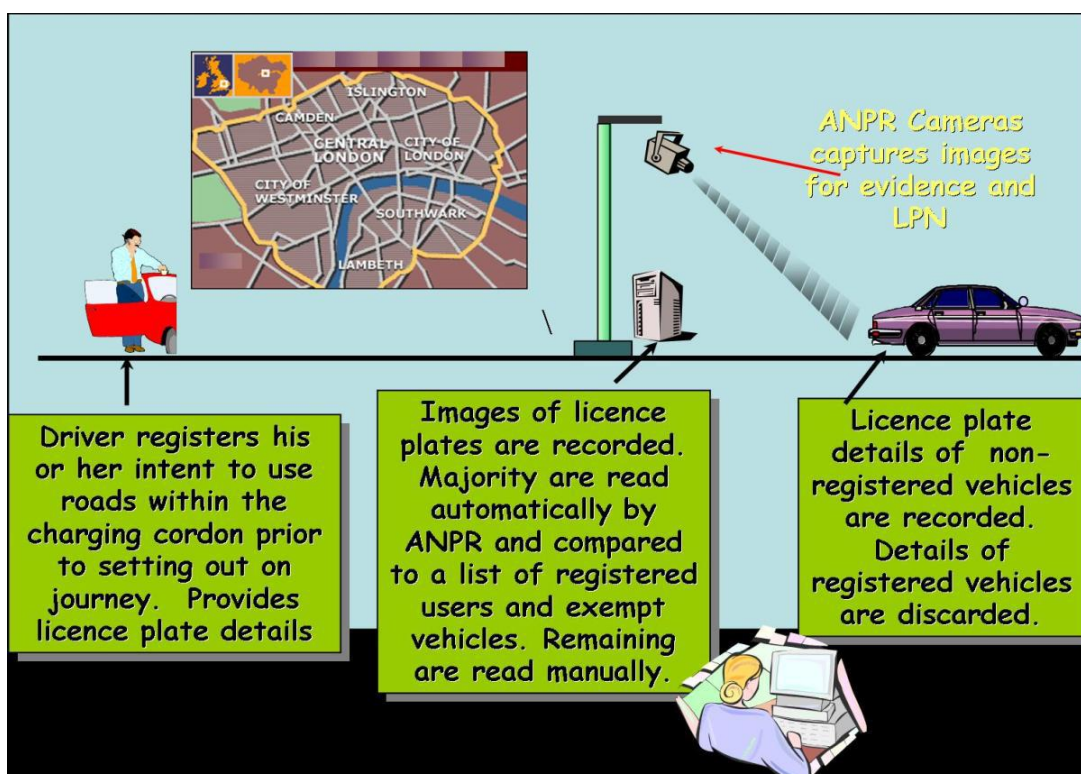
Obrázek 8: Systém GNSS/CN. Převzato [8]

4.3 Systém LSVA

Tento systém je využíván na území Švýcarska pro zpoplatnění nákladních vozidel nad dvanáct tun dle ujeté vzdálenosti a parametrů vozidla. Jedná se o kombinaci DSRC, GPS a digitálního tachografu.

Vozidla jsou vybavena OBU komunikující s DSRC, přijímající signál z GPS a je také spojena s digitálním tachografem. Pro vozidla, která nejsou vybavena touto jednotkou, je použita tzv. ID-karta, která slouží pro výpočet poplatku za ujeté kilometry automobilu, který se vypočte po opuštění území Švýcarska.

Systém funguje tak, že při vjezdu na území (na hraničních vjezdech) je aktivováno počítadlo, dle kterého je při výjezdu ze zpoplatněné oblasti spočítána výše mýtného. Výhodou tohoto celostátního systému je, že neexistuje riziko objíždění, jako je to možné například při využití systému DSRC, kde je možné tyto zpoplatněné úseky objet alternativní cestou. Nevýhodou tohoto řešení je drahá OBU, jelikož musí, jak již bylo zmíněno, komunikovat s GPS, DSRC a také s tachografem. [7] [8] [9]



Obrázek 9: Systém LSVA. Převzato [9]

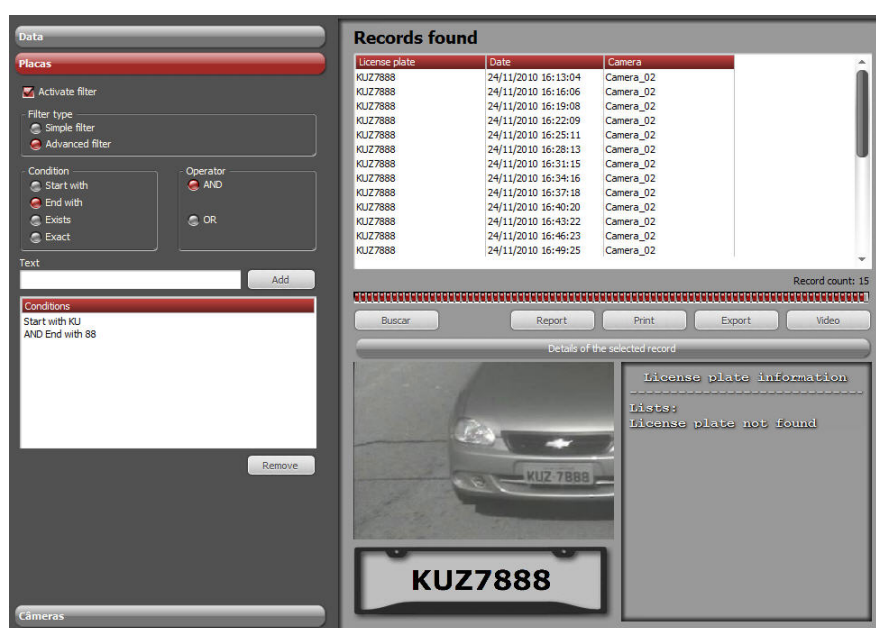
4.4 Systém LPR

Tento netypický výběr poplatku je využíván na území Londýna. Poplatek není závislý na ujetých kilometrech a je jednorázový, tudíž systém funguje pouze jako dohled, který na základě rozpoznání registrační značky rozpozná a identifikuje neplatiče. Systém funguje tak, že inteligentní systém umí rozpoznat registrační značku vozidla z pořízeného záběru. Tato registrační značka je poté zaslána do centra, kde dochází k vyhodnocení. Je tedy

možné s velkou pravděpodobností identifikovat vozidlo a porovnat ho s databází platících uživatelů.

LPR je také využíváno v případě systému DSRC nebo GNS/CN, kde je využíván jako kontrolní systém, který slouží k identifikaci neplatících uživatelů.

Výhodou tohoto systému je jednoduchost a snadná realizovatelnost, jelikož není potřeba, aby vozidla měla OBU. Velkou nevýhodou je pak, že není možné tento systém využít pro výběr poplatků na vybraných komunikacích, jako jsou například silnice první třídy případně dálnice. [7] [8] [9]



Obrázek 10: Systém LPR. Převzato [10]

4.5 Elektronické mýto v Evropě

Většina zemí jako jsou například Rakousko, Polsko, Bělorusko, Rakousko a Španělsko využívají systému DSRC, kde je nutné opatřit pozemní komunikace požadovanou infrastrukturou pro monitorování.

Oproti tomu v zemích jako jsou Slovensko a Německo je využíván systém GNSS/CN v kombinaci DSRC. V Německu mýtné platí pro automobily nad 12 tun, na Slovensku pak pro automobily nad 3.5 tuny. Tyto systémy pracují na základě GPS lokalizace, která je určována pomocí OBU jednotky, kde jsou přes GSM (CN) přenášeny data do kontrolního centra. OBU jednotka má také modul DSRC, který je využíván pro kontrolu placení mýtného. V Německu existuje také alternativní možnost zaplacení za průjezd a to online po internetu nebo pomocí terminálů, které fungují podobně jako bankomaty. [7] [11] [12]

4.6 Elektronické mýto v ČR

Zavedení elektronického mýtného v České Republice se datuje do roku 2007. V tomto roce se zavedlo mýtné na 970 kilometrech dálnic a silnic pro motorová vozidla, mýtné museli hradit uživatelé vozidel s hmotností nad 12 tun. Poté se v roce 2008 začalo platit i na 200 kilometrech silnic I. třídy. Od roku 2010 došlo ke zpoplatnění vozidel nad 3,5 tuny celkové hmotnosti.

Mýtný systém v České Republice funguje prozatím na systému DSRC, tedy systémem ve kterém je nutné vystavět mýtná místa a automobily je nutné vybavit jednotkou OBU. Jednotka musí být umístěna za čelní sklo, aby nedocházelo k problémům v komunikaci mezi mýtným místem a jednotkou. Mýtné je odečteno automaticky a řidič je o této skutečnosti informován akustickým signálem. [6] [14] [15]

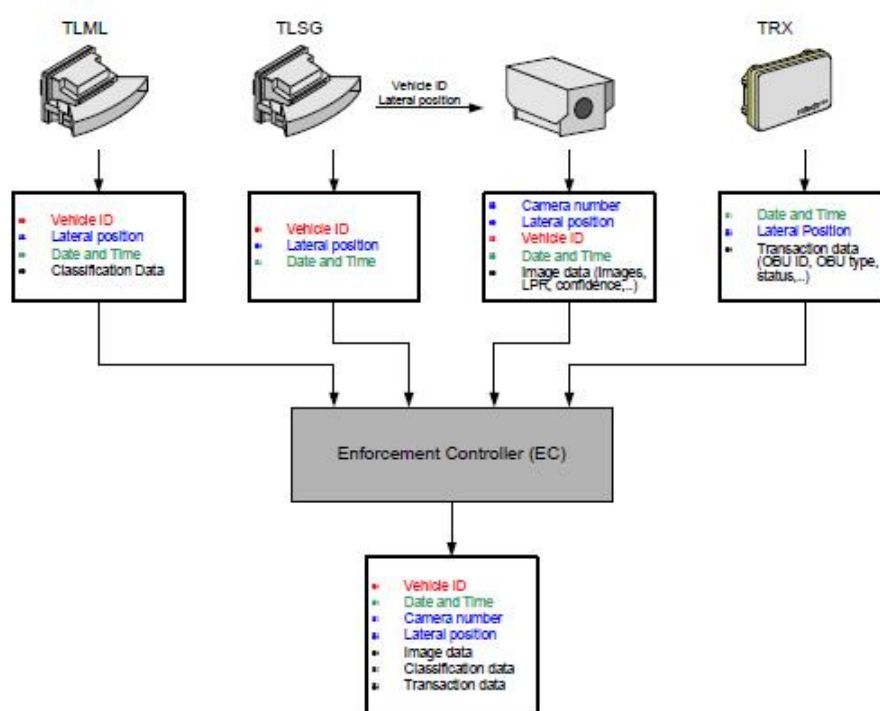


Obrázek 11: Jednotka OBU (premid). Převzato [16]

Systém je také vybaven procesem, který umožňuje identifikaci vozidel u kterých se neodúčtovalo mýtné nebo došlo k problémům v komunikaci. Tuto identifikaci zajišťuje kontrolní mýtná brána, která obsahuje tyto části.

- TLML – tento přístroj má za úkol klasifikovat vozidlo spolu s jeho identifikací pomocí čísla OBU.
- TLSG – přístroj spolu s kamerou, která zaznamená i obrazové data, které slouží k identifikaci vozidla například pomocí LPR.
- TRX – tento přístroj souží ke komunikaci s OBU, kam se přenáší data o lokalizaci, datu a také dat o transakci (číslo OBU).

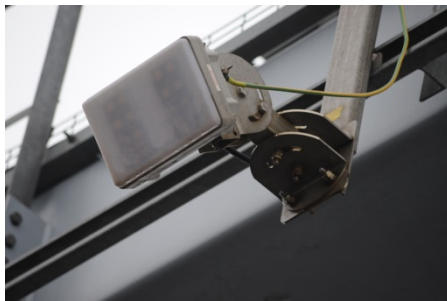
Když dojde k označení vozidla, které nemá správně zaplacené mýtné, následuje manuální ověření události, kdy je k prošetření využita mobilní kontrola, která se nachází na pozemní komunikaci. [6] [14] [15]



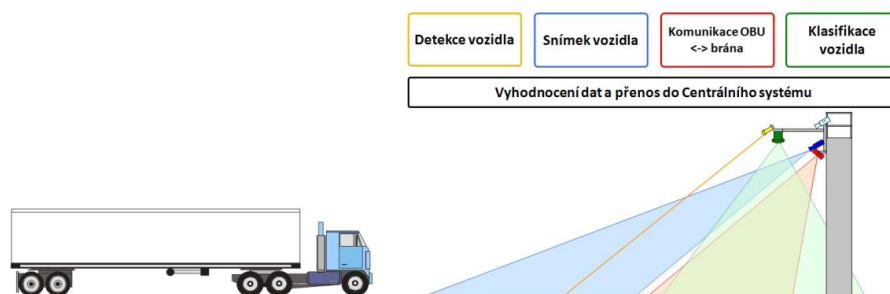
Obrázek 12: Zařízení na mýtné bráně převzato [13]



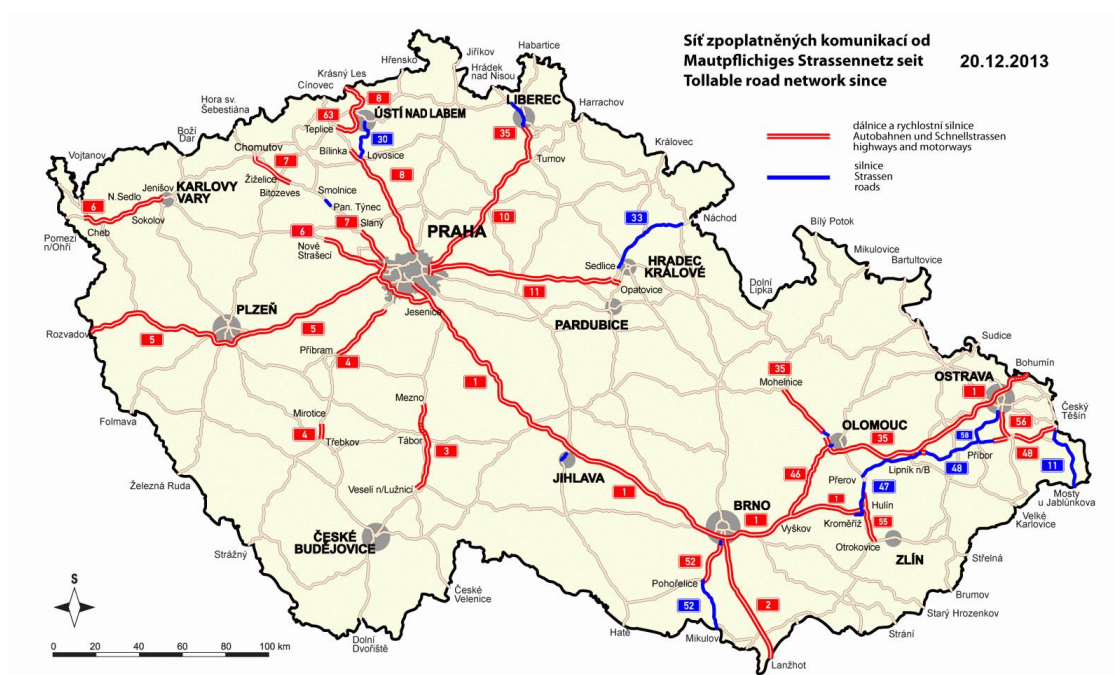
Obrázek 13: Kontrolní mýtná brána. Převzato [6]



Obrázek 14: Čidlo pro komunikaci s OBU Převzato [6]



Obrázek 15: Funkce kontrolní brány. Převzato [6]



Obrázek 16: Síť zpoplatněných komunikací Převzato [17]

5 Určování polohy

5.1 GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System) neboli globální družicový systém je služba umožňující prostorové určování polohy pomocí družic. Rádiové přijímače, které využívají uživatelé, pak dokáží na základě odeslaných signálů z družic vypočítat polohu na desítky případně až jednotky metrů.

Nejznámějšími funkčními systémy jsou americkou armádou provozovaný NAVSTAR GPS a ruský GLONASS. Ve vývoji jsou evropský GNSS Galileo a čínský Compass. Přehled GNSS je uveden v tabulce:

název	stát	vypouštění družic	počet družic plánovaných	ve službě
Transit	USA	1959-1988	3+3	0
Parus (Cyklon, Zaliv)	SSSR	1967	6	6
Cikada	SSSR	1974-1995	4	0
Navstar GPS	USA	1978	24+3	31
Glonass	Rusko	1982	24	21
Doris	Francie	1990	-	6
Galileo	EU	2006	27+3	4
Compass (BeiDou, Pej-tou)	Čína	2007	27+(5+3)	16

Tabulka 1: Globální družicové polohové systémy část jedna zdroj [19]

název	inklinace	počet polárních drah	výška orbity [km]	doba oběhu [hh:mm]
Transit	67°	3	1 100 LEO	1:46
Parus (Cyklon, Zaliv)	83°	6	730-960 LEO	1:45
Cikada	83°	4	965 LEO	1:45
Navstar GPS	55°	6	20 200 MEO	11:58
Glonass	65°	3	19 100 MEO	11:15
Doris	35-66-99°	-	560-825-1 340 LEO	1:41
Galileo	56°	3	23 200 MEO	14:05
Compass (BeiDou, Pej-tou)	55°	3	21 500 MEO	12:50

Tabulka 2: Globální družicové polohové systémy část dvě zdroj [19]

GNSS se dají rozdělit do dvou generací:

- GNSS-1 kde jsou zařazovány NAVSTAR GPS a GLONASS, které byly primárně vyvinuty pro vojenskou sféru a sekundárně zajišťují pokrytí službou pro civilní sektor.
- GNSS-2 do této druhé generace můžeme zařadit vyvíjené GNSS jako GPS-III, Galileo a Compass, které zajišťují vysokou přesnost a spolehlivost.

GNSS můžeme popsat jako družicový rádiový dálkoměrný systém. Dálkoměrný systém znamená, že poloha nějakého objektu je určována ze vzdálenosti od bodů se známou polohou. Rádiový dálkoměrný systém pro měření vzdálenosti využívá rádiové vlny, kde do bodu se známou polohou je umístěn vysílač, který vysílá signál s časovým razítkem. Do bodu s neznámou vzdáleností je umístěn přijímač, který porovná časová razítka se svými „hodinami“ a na základě rozdílu těchto hodnot je možné určit vzdálenost, protože rádiové vlny se pohybují známou rychlostí. Systém je označován jako družicový, jelikož body se známou polohou jsou družice, které obíhají Zemi. [18] [19]

5.2 GPS

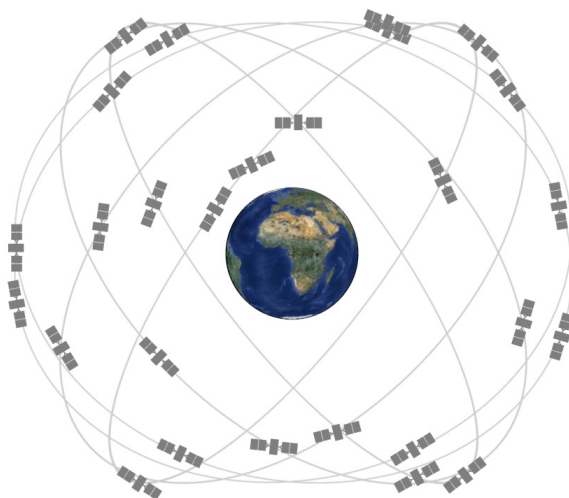
GPS (Global Positioning System) neboli česky Globální polohový systém, je původně vojenský systém, který je provozován Ministerstvem obrany Spojených států amerických. Tento systém umí určit polohu a přesný čas kdekoli na Zemi s přesností několik desítek metrů až jednotky metrů, avšak existují i rozšíření, které umožňují určovat lokalizaci s přesností na jednotky centimetru. Některé služby systému GPS jsou volně k dispozici i civilním uživatelům.

Původní název systému je NAVSTAR (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System), jeho vývoj začal v roce 1973 a to navázáním na projekt z let 1964 – 1996 s názvem GNSS Transit. O 10 let později americký prezident Ronald Reagan oznámil, že po dokončení bude GPS k dispozici i pro civilní účely. Systém GPS obsahuje tyto tři segmenty:

- Vesmírný segment.
- Řídící segment.
- Uživatelský segment.

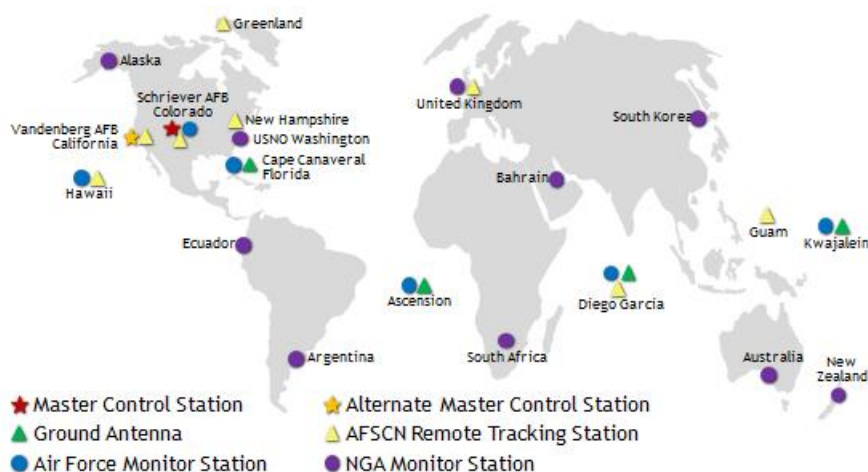
Vesmírný segment obsahuje 31 družic, které se pohybují ve výšce 20 200 kilometrů, avšak pro fungování systému je zapotřebí jen 24 družic, které můžeme označit jako jádro tohoto systému. Tyto družice se pohybují v 6 různých drahách obsahujících 4 různé umístění. Z každého jednoho místa na Zemi je tedy v ideálním případě možné vidět 4 družice. Družice obsahuje přijímač, vysílač, atomové hodiny a případně další zařízení, které nejsou pro určování polohy nikterak potřebné. Atomové hodiny jsou cesiové nebo rubidiové s přesností miliardtin sekundy, přijímač slouží ke komunikaci s řídicím střediskem na Zemi a ovládání družice. Přijímač předává data zpět do řídicího centra a hlavně vysílá data k

uživatelům. Od června 2011 je tento 24 družicový systém rozšířen o další 3 družice, tudíž má 27 družic v základním funkčním systému.



Obrázek 17: Oběžné dráhy satelitů GPS. Převzato [23]

Řídící segment obsahuje síť pozemních zařízení, která sledují GPS satelity, sledují jejich vysílání, provádějí analýzy a zasílají příkazy a data k družicím. Aktuálně obsahuje jednu hlavní řídicí stanici, jednu vedlejší řídicí stanici, 12 kontrolních antén a 16 monitorovacích míst. Umístění těchto míst je zobrazeno na obrázku níže.



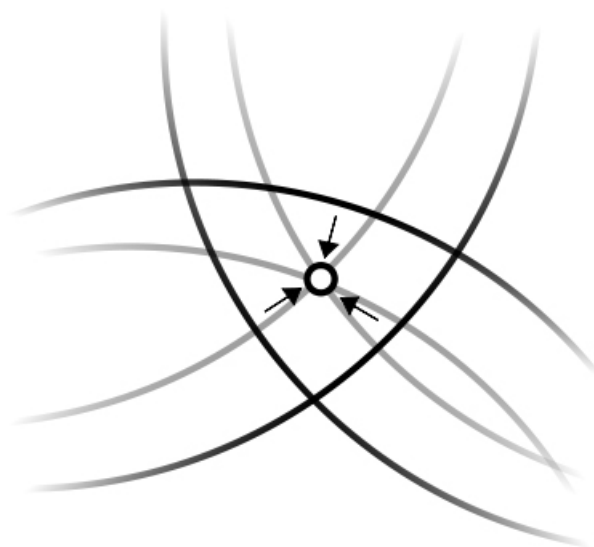
Obrázek 18: Umístění stanic řídicího segmentu. Převzato [24]

Uživatelské aplikace GPS jsou dnes přítomné všude kolem nás, je to základní prvek globální informační infrastruktury. GPS technologie se dnes nachází ve všem od telefonů a hodinek až po buldozery, přepravní kontejnery a bankomaty.

GPS zvyšuje produktivitu v širokém množství oborů zahrnující například zemědělství, stavebnictví, hornictví, průzkum, doručování balíků a logistické řízení dodavatelského řetězce. GPS má také velké využití pro americkou národní bezpečnost, protože jej využívají téměř všechny nové vojenské prostředky od vozidel až po munici.

Princip fungování je takový, že družice vysílá data o své poloze, přesný čas a přibližnou polohu ostatních družic, tento signál je poté zaznamenán přijímačem na Zemi, který musí mít přímou viditelnost na oblohu. Pro určení polohy se poté využívá časový rozdíl mezi odesláním a přijetím dat. Pokud se tímto způsobem získají data ze tří družic, dokáže pak přijímač určit zeměpisnou šířku a délku, pokud je nutné spočítat nadmořskou výšku je zapotřebí minimálně čtyř satelitů.

Jestliže známe tři body a kolem těchto bodů pomyslně nakreslíme kružnici o poloměru, který je roven vzdálenosti naší polohy od těchto bodů, pak je naše poloha na mapě rovna průsečíku těchto kružnic viz obrázek. [20] [21][22]



Obrázek 19: Určení polohy pomocí tří bodů. Převzato [19]

6 Databázové systémy

6.1 Historie

Historie databázových systémů má za sebou již několik desítek let historie. Jako prvního předchůdce databází můžeme považovat kartotéku. Kartotéka umožňovala strukturalizaci, uspořádání a také zařizování nových položek. Nevýhodou tohoto řešení je pak to, že veškeré tyto operace musely být realizovány člověkem, což značně snižovalo množství dat, které mohlo být zpracováno.

Velkým zájemcem o databáze byly a do dnes jsou státní úřady, které chtěli tyto systémy zautomatizovat. Proto v roce 1890 vytvořil Herman Hollerith první automat, který využíval děrné štítky jako paměťové medium. V roce 1911 se firma pana Holleritha spojila s další firmou a vznikla společnost International Business Machines, která je dnes známa pod zkratkou IBM. Když byla v roce 1935 v USA uzákoněna (Social Security Act) nutnost vedení informací o cca 26 miliónech zaměstnancích, vytvořila společnost IBM nové zařízení a to první digitální počítač pro komerční využití, tzv. UNIVAC I. V roce 1959 měl Pentagon už více než 200 počítačů, které využívaly děrných štítků.

Dalším impulsem pro rozvoj databází byl vývoj počítačů v padesátých letech 20. století, kde se ukázalo, že původně univerzální používání zdrojového kódu procesorů je pro databázové úlohy neefektivní, a proto se objevil požadavek na vyšší jazyk pro zpracování dat. V roce 1960 vzniklo seskupení Data System Language, které bylo ustavené ministerstvem obrany USA. Výsledným produktem byl common business oriented language (COBOL), který byl po mnoho dalších let nerozšířenějším jazykem pro hromadné zpracování dat.

Základní myšlenkou vzniku COBOLu bylo vytvořit jazyk, který měl umožňovat sestavení programů v minimálním čase a minimálním programovacím úsilím, zápis programů v jazyce, který by byl blízký anglickému jazyku, dále by měl jazyk také umožňovat snadný převod programů na nové typy počítačů. Tento jazyk se také označuje jako COBOL-60. Již v průběhu této konference bylo zřejmé, že se jazyk bude dále vyvíjet. Na základě provedených změn byl v roce 1961 vydán COBOL-61, který se sestával ze dvou hlavních částí, REQUIRED COBOL-61 a ELECTIVE COBOL-61. Poté byl v roce 1963 vydán COBOL-61 EXTENDED, který navíc obsahoval příkazy pro třídění, generování tiskových sestav a rozšířené aritmetické příkazy. Na základě COBOL-61 EXTENDED vznikl COBOL-65, ve kterém byly doplněny příkazy pro operace se soubory v hromadných pamětech, byl zaveden nový typ indexace spolu s příkazem pro vyhledávání v tabulkách. COBOL-68 zavedl komunikaci programů a dělení se zbytkem. Byly zrušeny nadbytečné ediční popisy, zjednodušeno užití knihovny programů a provedeno několik dalších úprav. Z této verze vychází COBOL-69, který byl doplněn o příkazy pro manipulaci s řetězci a komunikaci s koncovým zařízením. V jazyku COBOL-70 byl doplněn příkaz pro slučování souborů a příkaz pro obsazení položek ve shodě s jejich popisy. V současné době je platná norma jazyka ISO 2000, která obsahuje také objektovou syntaxi. Programovací jazyk COBOL je nejrozšířenějším jazykem velkých (mainframe) aplikací.

Dalším krokem byl přechod k magnetickým síkům namísto dříve používaných magnetických pásek, které umožňovaly pouze sériový přístup k datům. V roce 1961

Charles Bachman z General Electric představil první integrovaný datový sklad s prvním náznakem databázového managementu a jinými vlastnostmi. Poté v šedesátých letech Bachman a další výzkumníci založili v Database Task Group (DBTG), která publikovala specifikace pro programovací jazyky (např. výše zmiňovaný jazyk COBOL) určené pro práci s databázemi.

V roce 1971 pak DBTG vydal zprávu The DBTG April 1971 Report, kde se objevily pojmy schéma databáze, jazyk pro definici schématu, subschéma a podobně. Byla zde také popsána architektura síťové databázového systému. Za zmínku také stojí i produkty firmy IBM, které byly vyvíjeny v téže době. Jednalo se o první SŘBD s názvem IMS. Tento program byl vyvinut pro program letu na Měsíc Program Apollo. Systém IMS patří k nejrozšířenějším na sálových počítačích.

A tak jak už to bývá, našel se člověk, který byl nespokojený s implementací od IBM a dalších společností. Jmenoval se Ted Codd a v roce 1970 publikoval článek „A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks“, což byl návrh na implementaci nového datového modelu, který byl nazván relační. Codd načrtl možnost využití relačního kalkulu a algebry i pro méně zkušené uživatele pro ukládání a manipulaci s daty. Dle relační teorie lze pomocí základních operací (sjednocení, kartézský součin, rozdíl, selekce, projekce a spojení) uskutečnit veškeré operace s daty, kde ostatní operace jsou pouze kombinacemi těchto pěti operací.

Po různých debatách nakonec vznikly dva projekty relačních databází System-R v rámci IBM a od roku 1972 projekt Ingres na University of California at Berkeley (UC-Berkeley). U IBM se v období 1974 -1975 testovalo převážně praktické ověření návrhu relačního modelu. Poté se v letech 1978 – 1979 implementoval plně funkční více uživatel-ský systém. Původní jazyk Systém-R byl SEQUEL (Structured English Query Language), poté se jeho jméno změnilo na dnes již známý název SQL. Časem se tento jazyk stal standardem.

Druhá větev vývoje na UC-Berkeley se zabývala primárně vytvořením systému pro geografická data Berkeleyské ekonomické skupiny. Ingres a System-R byly vyvíjeny pod různými operačními systémy a hardware. Ingres nevyužíval jazyka SQL, ale velmi podobný jazyk QUEL. Poté jeden z členů týmu z UC-Berkeley založil společnost Ingres Corporation, která měla za úkol komercializaci kódu Ingresu. Lze říct, že téměř většina dnes známých SQL databází je inspirována kódem z UC-Berkeley. První SQL databází se v roce 1980 stal Oracle pro počítače VAX, poté přichází firma IBM s produktem DB2.

Původní projekt Ingres byl ukončen v roce 1982 a v roce 1985 transformován do projektu Postgress, jehož snahou bylo vytvořit relačně-objektovou databázi. Tento projekt trval až do roku 1994, kde se po jeho ukončení rozhodli dva studenti UC-Berkeley pokračovat v tomto kódu a přejmenovali jej z původního Postgress na Postgress95. V létě pak Postgress95 přechází do podoby open source a je opět přejmenován. Jeho nový název je PostgreSQL, tento jazyk je vyvíjen dodnes. [25] [26]

6.2 Systém řízení báze dat

Systém řízení báze dat (SŘBD) nebo také database management systém (DBMS) je kolekce programů zajišťující práci s databází, tvoří rozhraní mezi aplikačními programy a daty. Občas se také zaměňuje tento název nesprávně za databázový systém. Databázový systém je systém řízení báze dat spojen s bází dat. Charakteristické vlastnosti SŘBD:

- Podpora definice datových modelů.
- Správa klíčů – indexování, unikátní hodnoty ve sloupcích obsahující klíč, fulltextové vyhledávání, implementace cizích klíčů.
- Využití jazyka vyšší úrovně pro definici dat a manipulaci s nimi (SQL,QBE,datalog, Common English Query).
- Autentizace uživatelů a jejich autorizaci k operacím nad daty.
- Správa transakcí.
- Robustnost a zotavitelnost po chybách bez ztráty dat.
- Uložené procedury.
- Triggery.
- Zajišťování integrity dat.
- Pokročilé funkce jako jsou zpožděné zápisy.

Seznam obsahující příklady SŘBD:

- Oracle
- DB2
- Sybase Adaptive Server Enterprise
- FileMaker
- Firebird
- Ingres
- Informix
- MariaDB
- Microsoft Access
- Microsoft SQL Server
- Microsoft Visual FoxPro

- MySQL
- PostgreSQL
- Progress
- SQLite
- Teradata
- CSQL
- OpenLink Virtuoso

[27]

6.3 Jazyk SQL

Jazyk SQL (Structured Query Language) byl poprvé představen v roce 1974, avšak v té době měl tento jazyk jiný název, jmenoval se SEQUEL. Prvně jej využila firma IBM v System-R. První standart byl přijat v roce 1986, byl označován také jako SQL86. Díky množství nedostatků, byla v roce 1992 představena vylepšená verze s označením SQL92. Tato verze je v oblasti relačních databází standardem dodnes.

Jazyk v sobě zahrnuje nástroje pro tvorbu databází a nástroj pro manipulaci s daty (vkládání dat, aktualizace, mazání, vyhledávání). Tyto nástroje můžeme rozdělit do několika částí. První z nich se označuje DDL (Data Definition Language), což je jazyk pro vytváření databázových schémat a katalogů. Další jazyk s označením SDL (Storage Definition Language), který určuje způsob ukládání tabulek. V neposlední řadě pro návrháře a správce jazyk VDL (View Definition Language) určující vytváření pohledů. Dalším jazykem je DML (Data Manipulation Language), který obsahuje příkazy INSERT, UPDATE, DELETE a příkaz SELECT. [27] [28]

6.4 Historie prostorových databází

Na začátku šedesátých let 20. století se ve Spojených státech začíná využívat technika pro zpracování prostorových dat. Jednalo se většinou o počítačovou podporu řešení úloh spojených s dopravou, ale v této době se nedalo hovořit o databázových systémech, jelikož neexistoval relační datový model ani jazyk SQL resp. SEQUEL. [29] [30]

6.4.1 První generace

Na historii prostorových databází lze nahlížet z různých pohledů, nejčastěji ji rozdělujeme do tří, případně čtyř generací. Pro první generaci je charakteristické, že jsou prostorové objekty a jejich atributy uloženy v souborech. Tyto systémy můžeme ještě rozdělit do dvou skupin, kde první skupina jsou systémy bez atributových souborů, které jsou používány pro rastrová data, není oddělen prostorový a popisný údaj. Do druhé skupiny můžeme zařadit systémy s flat soubory, v těchto systémech jsou atributové data pro každý jeden

objekt ukládány do flat souborů, které jsou provázány na prostorová data přes identifikátory objektu. Nejčastěji bylo možné se setkat s takovými typy dat v aplikacích ozbrojených složek. [29] [30]

6.4.2 Druhá generace

Druhá generace se datuje do osmdesátých let 20. století a dá se říct, že to bylo období vzniku regulérních prostorových databází. Hlavní myšlenkou bylo spojení základních úloh GIS systému s funkcí, které nabízejí databázové platformy založené převážně na relačním datovém modelu. V druhé generaci můžeme rozlišit dva typy přístupů. Duální (hybridní) přístup, kde jsou neprostorová data uložena v relační databázi a prostorové objekty jsou uloženy v souborovém systému. Příkladem takového přístupu je geografický informační systém ARC/INFO (dnes ArcInfo).

Druhý možný přístup je integrovaný, kde jsou prostorová i neprostorová data uložena v jedné databázové struktuře. Pro uložení prostorových dat v databázi nejsou žádné prostorové datové typy, data jsou tak uložena jako BLOB. Příklad druhého přístupu nalezneme v geodatabázi ArcSDE, který se dnes nachází v balíku ArcGIS Server. [29] [30]

6.4.3 Třetí generace

Pro třetí generaci je charakteristické zapracování podpory prostorových dat do moderních relačních databázových platforem. V těchto platformách je možné využívat prostorové datové typy a funkce, které při vývoji aplikací pracující s prostorovými informacemi. Prosazuje se také využití objektových databázových technologií.

Třetí generaci je možné rozdělit do dvou přístupů a to objektový přístup, kde jedna reálná entita odpovídá jednomu databázovému objektu. Neprostorová data i ty prostorová jsou uložena spolu s metodami objektu. Druhý přístup je objektově-relační, kde jsou prostorové datové typy včetně odpovídajících operací integrovány do relačního systému řízení báze dat. Tento přístup umožňuje podporu objektů v relačním datovém modelu. Příkladem mohou uvést tyto systémy Oracle Spatial, PostGIS, Geodatabase. [29] [30]

6.4.4 Čtvrtá generace

Oproti předchozím třem generacím je tato generace, kterou je možné datovat někdy od prvního desetiletí 21. století, méně zásadní v uložení dat, ale jde spíše o změny v oblasti využití prostorových dat a dalších aplikací navázaných na data.

O zlom jde především ve zpřístupnění 3D pohledů na terén, satelitních snímků a v neposlední řadě také využívání časové složky. Díky přístupu k časové složce je možné zobrazit dynamické změny, které probíhají například v terénu nebo na silnicích. Podpora prostorových dat je dnes součástí i klientských aplikací, což by bylo dříve nemyslitelné. [29] [30]

6.4.5 Nejrozšířenější společnosti a jejich produkty týkající se zpracování prostorových databází

Takto k problematice prostorových dat přistupovali hlavní hráči na poli s databázovými produkty. Příkladem může být společnost Oracle, kde se ve verzi 7.1.6 z roku 1995 objevila podpora prostorových dat v podobě práce s body. O dva roky později přichází plnohodnotné prostorové rozšíření na bázi relační technologie, kterou firma Oracle nazvala Spatial Data Option. Toto rozšíření přibýlo ve verzi 7.3.3., kde jsou například i prostorové operátory. Od této doby je s každou verzí vylepšována a rozšiřována i podpora prostorových dat. Cestu objektově orientovaného přístupu zvolila i firma IBM, která svou platformu s názvem DB2 rozšířila o IBM DB2 Spatial Extender. Tato změna proběhla ve verzi 7 a to za spolupráce se společností ESRI, jedním z lídrů v oboru geografických informačních systémů. Microsoft SQL Server v podobě CLR rozšíření podporuje prostorová data od verze 2008.

V oblasti produktů dostupných pod svobodnými licencemi je velmi známé také rozšíření platformy PostgreSQL s názvem PostGIS. První stabilní verze je datována do roku 2005. [29] [30]

6.5 Oracle databáze

Společnost Oracle respektive Oracle Corporation je společnost, která byla založena v roce 1977, působí ve 145-ti zemích světa a je jednou z hlavních společností zabývajících se relačními databázemi. Jejich databázová platforma s názvem Oracle Database v aktuální verzi 12c, která podporuje nejen standardní dotazovací jazyk SQL, ale také rozšířená o programovací jazyk PL/SQL, který umožňuje vytváření uložených procedur, uživatelských funkcí, programové balíky a triggerů. Dále pak také podporuje objektové databáze a XML databáze.

Pro podporu prostorových dat je pak Oracle Database rozšířen o Oracle Spatial. Jedná se o integrovanou množinu funkcí a procedur pro uložení, přístup a analýzu prostorových dat. Oracle Spatial obsahuje následující:

- Schéma, které určuje uložení, syntaxi a sémantiku podporovaných geometrických datových typů.
- Mechanismus prostorového indexování.
- Množiny operátorů a funkcí pro provádění prostorových dotazů a analýz.
- Síťový datový model reprezentující objekty, které jsou modelovány jako uzly a vazby v síti.

Oracle Spatial podporuje objektově relační model. Tento model ukládá celou geometrii do datového typu pro vektorová data s názvem SDO_GEOMETRY. Tento objektově datový model poskytuje spoustu výhod:

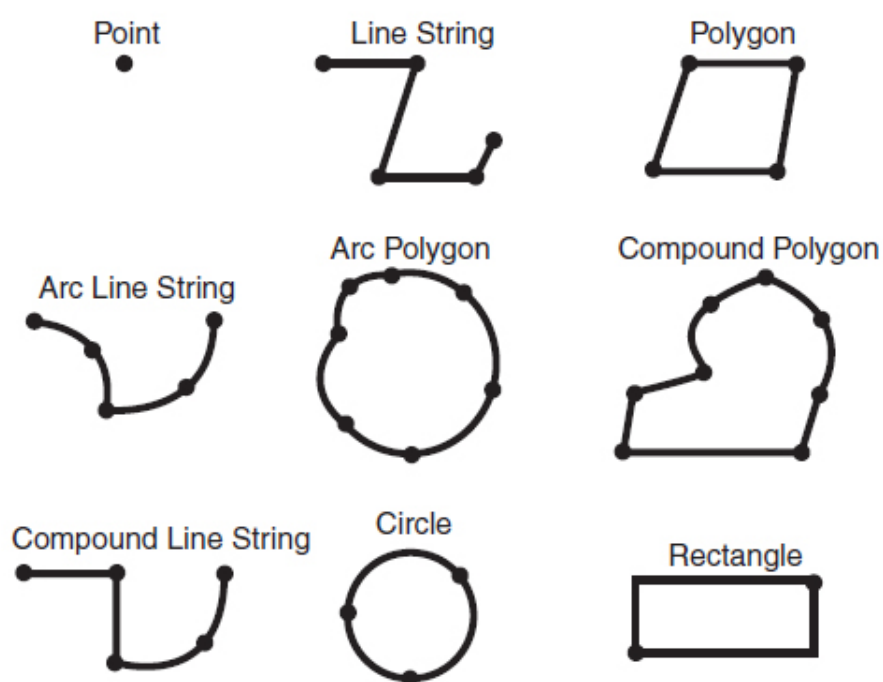
- Podpora pro různé geometrické typy, včetně oblouků, kruhů, složených polygonů.

- Jednoduchá tvorba indexů a jejich udržování .
- Jednoduché vytváření prostorových dotazů.
- Geometrie se nachází v jednom či více sloupcích.
- Optimalizace výkonnosti.

Geometrie je uspořádaný sled vrcholů, které jsou spojeny přímkou nebo obloukem. Oracle Spatial podporuje několik základních typů a typů složených z těchto částí:

- Bod
- Linie
- Polygon
- Křivka
- Sada polygonů
- Sada linií
- Kruh
- Obdélník

Dvourozměrné body se skládají ze dvou souřadnic, které často odpovídají zeměpisné šířce a zeměpisné délce. Z těchto bodů je možné poskládat různé geometrie. [31] [34] [33]



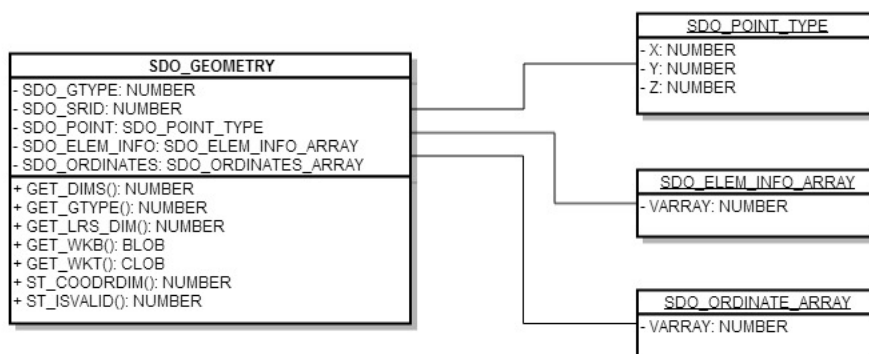
Obrázek 20: Ukázka geometrických typů. Převzato [34]

7 Příprava pro analýzu dat

První úkol, v době před předáním reálných dat, by vygenerovat několik desítek miliónů náhodných bodů, které se generovaly na území České republiky, kde se každý jeden bod pomocí prostorových dotazů přiřazoval do jednotlivých okresů. V tomto úkolu jsme ověřovali, jaký postup je nejlepší při paralelním přístupu více uživatelů do databáze a to proto, abychom ověřili, jak rychlý bude přístup uživatelů v případě mnohonásobné vizualizace dat. Tento experiment a jeho výsledky popisuje p. Ptošek ve své diplomové práci.

7.1 Vygenerování náhodných bodů

Vygenerování náhodných bodů probíhalo za pomoci procedury, která vkládala náhodnou zeměpisnou délku a šířku do objektu SDO_GEOMETRY, určeného pro ukládání prostorových dat v databázových systémech ORACLE. V tomto objektu jsem dále nastavil parametry, které určují, že se jedná o typ bod (G_TYPE). Celkový počet vygenerovaných bodů byl cca 121 miliónu.



Obrázek 21: Struktura SDO GEOMETRY

```

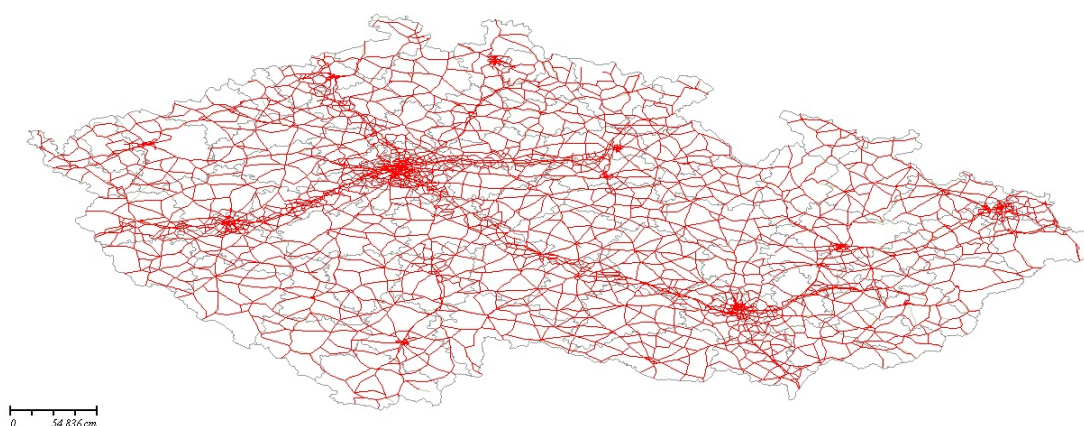
INSERT INTO POINTS2D (poin_id, geo )
  SELECT rownum,
         mdsys.sdo_geometry(2001,NULL,
         MDSYS.SDO_POINT_TYPE(
         (dbms_random.value(0,6.741)+12.127),
         (dbms_random.value(0,2.702)+48.437),
         NULL),
         NULL,NULL)
  FROM DUAL
 CONNECT BY LEVEL <= 10000000;
COMMIT;

```

Výpis 1: Vytvoření náhodných bodů

7.2 Podkladové mapy

Jelikož v zadaném úkolu bylo zapotřebí vygenerované body přiřadit k jednotlivým okresům, přistoupil jsme k nahrání podkladových map, které obsahovaly shapefilly jednotlivých okresů a silniční sítě ve formátu WSG 84. Tyto shapefilly jsem nahrál do databázového systému. V dalším kroku bylo nutné vytvořit prostorový index, který byl zapotřebí pro zobrazení podkladů v GeoRaptor, což je rozšíření SQL Developeru. Bylo taktéž nutné nastavit meta data, bez nichž by je nebylo možné data zobrazit.



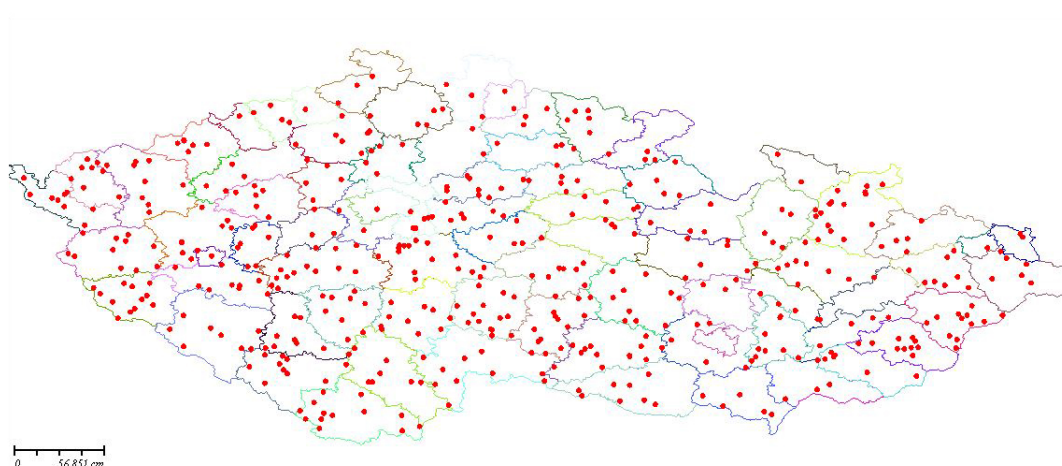
Obrázek 22: Ukázka zobrazení shapefilů cest na území České republiky



Obrázek 23: Ukázka zobrazení shapefilů okresů na území České republiky

7.3 Přiřazení bodů do okresů

Pro přiřazení jednotlivých bodů do jednotlivých okresů jsem využil možnosti prostorových operátorů, což v mém případě znamenalo využití SDO_CONTAINS operátoru, který kontroluje, zda zadaný bod patří do okresu či nikoliv.



Obrázek 24: Vizualizace okresů s body

7.4 Výsledek experimentu

Výkonnostní testování tohoto přístupu více uživatelů do výše zmiňovaných tabulek podrobněji popíše ve své diplomové práci p. Ptošek.

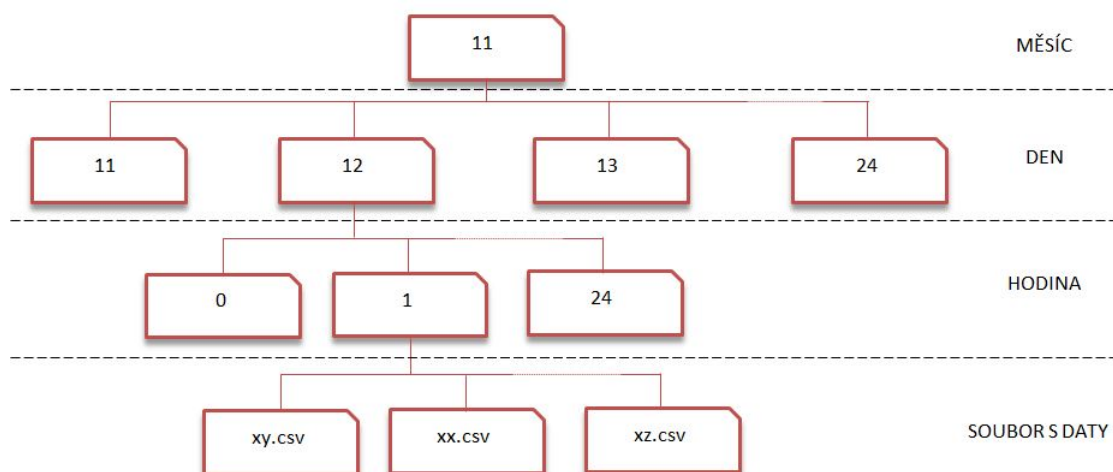
8 Struktura analyzovaných dat

Veškerá data, která nám byla poskytnuta o provozu na sledovaných pozemních komunikacích v rámci území České republiky, pocházela ze dvou rozdílných zdrojů. Prvním zdrojem dat byla data pocházející z mýtného systému, respektive z mýtných bran. Druhým zdrojem dat byly ASIMy 3.1, které se stejně jako mýtné brány nacházejí na dálnicích a rychlostních silnicích.

8.1 Mýtné brány

8.1.1 Zdrojová data

V případě mýtných bran nám byla poskytnuta data za období 14 dnů. Takto poskytnutá data byla ve formě několika desítek tisíc CSV souborů, které byly roztrženy podle měsíce, dne a hodin v tzv. stromové struktuře (viz obrázek).



Obrázek 25: Struktura zdrojových dat

8.1.2 Struktura dat

Jak jsem již zmínil v předchozím textu 8.1.1, poskytnutá data byla v souborech ve formátu CSV (hodnotami oddělených čárkou).

Detailní informace o struktuře dat mýtných bran jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

8.2 ASIM

8.2.1 Zdrojová data

Poskytnutá zdrojová data je možné rozdělit na dva typy souborů. Soubory obsahující data o jednotlivých přístrojích, které sledují provoz na komunikacích.

Detailní informace o struktuře dat ASIMů jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

9 Import dat

9.1 Mýtné brány

Jak bylo zmíněno v kapitole struktura dat 8.1.1, byla mi poskytnuta data z mýtných bran, která byla ve stromové struktuře, tudíž bylo nutné vytvořit proceduru, která tuto stromovou strukturu prohledá a vytvoří cestu ke všem CSV souborům.

V první řadě bylo zapotřebí vytvořit proces, který vypíše veškeré složky a soubory v dané složce souborového systému. Tento proces jsem zpracoval do procedury, která byla vytvořena za pomoci jazyku JAVA.

```

create or replace and compile java source named "DirecoryList"
as
import java.io.*;
import java.sql.*;

public class DirList
{
    public static void getList(String directory)
        throws SQLException
    {
        File path = new File( directory );
        String [] list = path. list ();
        String element;

        for(int i = 0; i < list .length; i++)
        {
            element = list [ i ];
            #sql { INSERT INTO DIR_LIST (FILENAME)
                VALUES (:element) };
        }
    }
}

```

Výpis 2: JAVA kód v SQL

Pomocí této procedury jsem měl možnost vypsát veškeré soubory a složky v dané složce v souborovém systému. Dalším krokem bylo vytvoření procedury, která projde veškeré složky. Základní myšlenkou bylo po prvotním vytvoření, tento seznam rozdělit na seznam složek a seznam souborů.

Seznam souborů obsahoval tedy název CSV souboru spolu s cestou. Seznam složek bylo nutné dále procházet a udržovat informaci, zda je tato složka již zpracovaná či nikoliv.

Poté co byl seznam souborů kompletní, přistoupil jsem ke zpracování jednotlivých CSV souborů. Toto zpracovávání probíhalo postupnými kroky. Od načtení aktuální cesty ke složce, ve které se nachází soubor, který je nutné zpracovat, přes načtení tohoto souboru a následného zpracování jednotlivých řádků. Řádky jsem rozdělil pomocí regulárních výrazů na jednotlivé části, které odpovídaly sloupcům v tabulce. Následovalo vložení řádku do tabulky v databázi a uzavření souboru. Tento proces probíhal pro všechny CSV soubory.

Detailní informace o importu dat jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

9.2 ASIM

U tohoto zdroje byl import o něco jednodušší než v případě mýtných bran, jelikož veškerá data byla v jediné složce, ve které byly CSV soubory s označením jednotlivých měřících míst. V první řadě bylo nutné zpracovat seznam všech souborů ve složce. Proceduru na vytvoření tohoto seznamu jsem již popisoval v případě mýtných bran 9.1. Následovalo zpracování jednotlivých CSV souborů a to následující procedurou.

Detailní informace o struktuře dat jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

Poslední částí zdrojových dat, kterou bylo nutné importovat, byly informace o jednotlivých ASIMech, jejichž strukturu jsem popisoval o několik kapitol dříve 8.2.1. Import nebyl složitý, jelikož se jednalo o jediný soubor, který bylo nutné rozdělit pomocí regulárních výrazů.

9.3 Příprava dat pro prostorové zobrazení

Data, která byla v databázi, sice obsahovala zeměpisnou délku a šířku, avšak pro vizualizaci bylo potřeba tyto data převést do objektového formátu pro prostorová data (SDO_GEOMETRY), aby je bylo možné zobrazit. Bylo také nutné získat neduplicitní data o umístění, což v našem případě znamenalo seskupení jednotlivých mýtných bran z importovaných dat a také seskupení jednotlivých míst z lokalizační tabulky pro ASIMy.

SDO_GEOMETRY obsahuje parametry jako je typ objektu (bod, čára, polygon) a také popis tohoto objektu pomocí souřadnic. Struktura SDO_GEOMETRY byla popsána výše 6.5.

```
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001,NULL,MDSYS.SDO_POINT_TYPE(12.840953, 49.840372,NULL),
NULL,NULL)
```

Výpis 3: Ukázka objektu SDO GEOMETRY pro bod

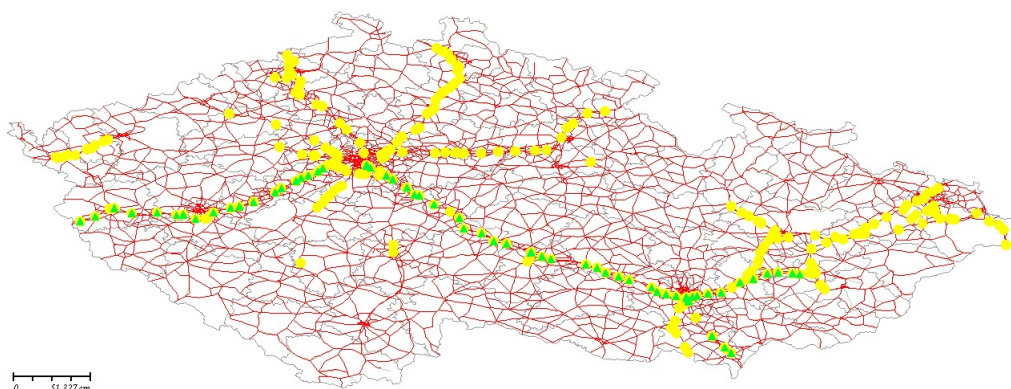
```
create or replace
procedure ASIMS_GPS_TO_SDO
IS
CURSOR c_tg IS SELECT * FROM tmc;
BEGIN
FOR one_row IN c_tg
LOOP
insert into asimssdo (GEO,SNUMBER) values (MDSYS.SDO_GEOMETRY(2001,NULL,MDSYS
.SDO_POINT_TYPE(one_row.x,one_row.y,NULL),NULL,NULL),one_row.snumber);
END LOOP;
END;
```

Výpis 4: Procedura pro úpravu dat pro prostorové zobrazení

Tohoto přístupu jsem využil pro oba zdroje dat.

9.4 Vizualizace zdrojů dat

V dalším kroku bylo nutné prozkoumat, zda podkladové mapy a jednotlivé lokalizace u obou zdrojů dat jsou shodné, proto jsem přešel k vizualizaci obou zdrojů dat do jedné mapy. Výsledek je možné vidět na obrázku, kde žlutými tečkami jsou označeny mýtné brány a zeleným trojúhelníkem ASIMy.



Obrázek 26: Vizualizace zdrojů dat

Jak je patrné z obrázku, mýtné brány jsou na více místech než jsou ASIMY, tuto skutečnost musíme zohlednit při dalším postupu ve srovnávání těchto zdrojů dat. Zohlednění v tomto případě znamená vynechání mýtných bran, ke kterým nebylo možné přiřadit ASIM v dané lokaci.

10 Úpravy dat

Pro rekapitulaci upřesním stav dat v tomto momentu. Data z mýtných bran jsou ve formátu, kde jeden průjezd vozidla je roven jednomu záznamu v tabulce, tento systém počítá pouze nákladní automobily nad 3,5 tuny a také autobusy. Dále také známe polohu jednotlivých mýtných bran a dokážeme je vizualizovat.

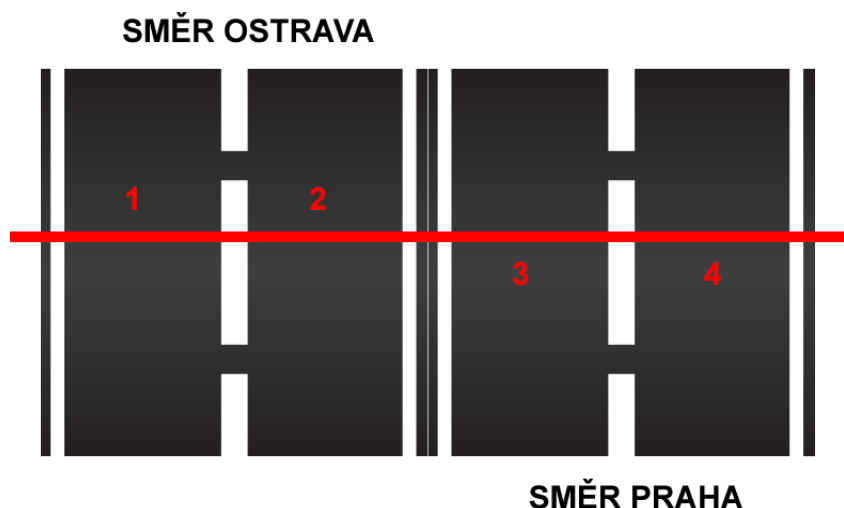
Data z ASIMů jsou ve formátu pětiminutových smyček, ve kterých se u jednotlivých jízdních pruhů zaznamenává počet projíždějících vozidel, jejich obsazenost a průměrnou rychlost. K těmto jednotlivým lokalizacím je k dispozici jejich umístění, směr měření a identifikační číslo.

Jak je patrné z tohoto stavu, je nutné data dále upravit, jednotlivé úpravy budou popsány v následující části.

10.1 Úprava ASIMy

Jelikož data z ASIMů byla zasílána tak, že byla rozdělena nejen na jednotlivé umístění, ale také na jednotlivé jízdní pruhy, bylo nutné tuto skutečnost zohlednit při výpočtech.

První krokem bylo zjištění, zda se liší jednotlivé zeměpisné šířky a délky u jednotlivých měřených jízdních pruhů v rámci jednoho měřeného úseku. U prošetřování této teze jsem došel k závěru, že lokace jednotlivých pruhů v rámci jednoho měřeného úseku se vztahují k referenčnímu bodu na tomto úseku (nezohledňuje se posun v rámci jízdních pruhů), tudíž mají stejnou zeměpisnou šířku a délku viz Obrázek.



Obrázek 27: ASIMY počítání v rámci jízdních pruhů

Pro rychlejší zpracování dat, jsem také zvolil cestu rozdělení data, kdy byl záznam pořízen, na jednotlivé atomické části. Jednoduše jsem rozdělil datum na rok, měsíc, den, hodinu, minutu a sekundu. Což v případě nutnosti slučovat dle data případně vyhledávat

dle data, znamenalo zrychlení vyhledávání. Samozřejmě za předpokladu, že na tato data byl vytvořen správně index v dané tabulce.

```
CREATE OR REPLACE EDITIONABLE PROCEDURE "KUBA"."ASIMSTMCCLRATOMICDATE"
IS
CURSOR c_tollgateslist IS select * from asimstmccclr;
dateASC DATE ; dateDESC DATE ; dateFirst DATE ;
Suma NUMBER; v_hour number; v_minute number;
v_day number; v_month number; v_year number;
v_second_2 number; v_second varchar(20); iteraace number;
BEGIN
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('zacatek_procedury');
FOR one_tollgates IN c_tollgateslist
LOOP
v_year := extract(year from one_tollgates.startdate);
v_month := extract(month from one_tollgates.startdate);
v_day := extract(day from one_tollgates.startdate);
v_hour := to_char(one_tollgates.startdate, 'HH24');
v_minute := to_char(one_tollgates.startdate, 'mi');
v_second := to_char(one_tollgates.startdate, 'ss');
UPDATE asimstmccclr SET n_year = v_year, n_month = v_month, n_day = v_day,
n_hour = v_hour, n_minute = v_minute, n_second = v_second WHERE rw_number = one_tollgates
.rw_number;
END LOOP;
END;
```

Výpis 5: Procedura pro rozdělení na atomické datum

Také bylo nutné všechny údaje pro srovnání v jednotlivých úsecích a pětiminutových smyčkách sečíst. V tomto případě šlo o vytvoření procedury, která seskupila nejprve jednotlivé přístroje pomocí dat o jejich lokalizaci a poté se data seskupila v rámci jedné pětiminutové smyčky tak, aby bylo možné sečíst veškeré atributy v rámci této pětiminutové smyčky.

Detailní informace o úpravách jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

10.2 Úpravy dat z mýtných bran

Pro úpravu dat z mýtných bran, bylo zapotřebí v první řadě správně vytvořit indexy na původní tabulku s daty, jelikož by vyhledávání dle mnoha kritérií v tabulce s patnácti milióny záznamy znamenalo velmi dlouho dobu zpracování dané procedury. Zvolil jsem již výše zmiňovaný postup s rozdělením data na jednotlivé části (den, měsíc, rok, hodina, minuta, sekunda) 10.1 z důvodu zrychlení zpracovávání těchto procedur.

Dalším krokem bylo vytvoření procedury, která vytvoří novou tabulku se záznamy v požadovaném formátu. V tomto případě byl pro nás požadovaný formát takový, že tabulka obsahovala pětiminutové smyčky s počtem automobilů, které projedou jednou mýtnou branou. Postup při vytváření byl takový, že se z tabulky obsahující data o záznamech z mýtných bran vybrala pouze data o umístění jednotlivých mýtných bran. Poté se procházelo postupně všemi jednotlivými branami a to tak, že se v proceduře vytvořilo

datum, vzhledem k němu se vybírala data s rozdílem do pěti minut. Počet takto vybraných záznamů se poté zapsal jako počet automobilů, který projel danou mytnou branou v daný pěti minutový interval.

```

CREATE OR REPLACE EDITIONABLE PROCEDURE "KUBA"."TOLLGATES5MINUTESTEST"
IS
CURSOR c_tollgateslist IS select x,y from tollgatesatomic group by x,y ;
dateASC DATE ; dateDESC DATE ; dateFirst DATE ; Suma NUMBER;
v_hour number; v_minute number; v_day number; v_month number; v_year number;
BEGIN
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('zacatek_pocedury');
v_day := 11;
v_month := 11;
v_year := 2013;
v_hour := 00;
v_minute := 00;
FOR one_tollgates IN c_tollgateslist
LOOP
dateFirst := to_date('11/11/2013_00:00:00','MM/DD/YYYY_HH24:MI:SS');
WHILE (to_char(dateFirst,'DD') <> 25)
LOOP
v_year := EXTRACT(year from dateFirst);
v_month := extract(month from dateFirst);
v_day := extract(day from dateFirst);
v_hour := to_char(dateFirst, 'HH24');
v_minute := to_char(dateFirst, 'MI');
select count(*) INTO suma from tollgatesatomic where x = one_tollgates.x and y = one_tollgates
.y and
(n_year = v_year ) AND (n_month = v_month) AND (n_day = v_day) AND (n_minute >= v_minute)
AND (n_minute < (v_minute + 5)) AND
(n_hour = v_hour);
insert into tollgates5min values ( ' ',dateFirst ,( dateFirst + (1/1440*5)),suma, one_tollgates.x,
one_tollgates.y );
dateFirst := to_date(dateFirst + (1/1440*5),'MM/DD/YYYY_HH24:MI:SS');
END LOOP;
END LOOP;

END;
```

Výpis 6: Procadura pro seskupení dat v rámci jedné polohy

10.3 Kontrola shodných lokalizací mytných bran a ASIMů

Po tom, co jsem veškerá data upravil do podoby, která je již využitelná pro srovnání obou zdrojů dat, následovalo ověření, jaké mytné brány jsou na stejných místech jako ASIMy. Pro úpravu jsem zvolil nejen mytné brány, které jsou na stejných místech jako ASIMy, ale také ostatní mytné brány a to proto, že v případě analýzy dat pouze nad mytnými branami byla všechna data již vypočtena, nebylo tedy nutné žádných dalších výpočtů. Pro zjištění této skutečnosti bylo nutné vytvořit funkci, která ověří vzdálenost jednotlivých zeměpisných šířek a délek u mytných bran a ASIMů. Funkce, která byla v tomto případě

využita, počítala nejkratší vzdušnou vzdálenost mezi dvěma body na základě zeměpisné šířky a zeměpisné délky.

$$a = \sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2)$$

$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)})$$

$$d = R \cdot c$$

- d je vzdálenost mezi dvěma body.
- $\delta\varphi$ je rozdíl zeměpisných délek.
- φ_1 je zeměpisná délka prvního bodu.
- φ_2 je zeměpisná délka druhého bodu.
- $\Delta\lambda$ je rozdíl zeměpisných šířek.
- R je radius země.

Funkce $\operatorname{atan2}$ je matematická funkce arkus tangens se dvěma vstupními parametry:

$$\operatorname{atan2}(x, y) = \begin{cases} \arctan(\frac{x}{y}) & x > 0 \\ \arctan(\frac{x}{y}) + \pi & y \geq 0, x < 0 \\ \arctan(\frac{x}{y}) - \pi & y < 0, x < 0 \\ +\frac{\pi}{2} & y > 0, x = 0 \\ -\frac{\pi}{2} & y < 0, x = 0 \\ \text{undefined} & y = 0, x = 0 \end{cases}$$

Implementace tohoto vzorce posléze vypadala následovně.

```
CREATE OR REPLACE EDITIONABLE FUNCTION "KUBA"."GETDISTANCEFROMLATLONINKM" (
  lat1 in number,lon1 in number ,lat2 in number,lon2 in number)
  RETURN number
  IS
  R number;
  dLat number;
  dLon number;
  aa number;
  ca number;
  da number;

  BEGIN
  R := 6371;
  dLat := deg2rad(lat2-lat1);
  dLon := deg2rad(lon2-lon1);
  aa :=
    SIN(dLat/2) * SIN(dLat/2) +
    COS(deg2rad(lat1)) * COS(deg2rad(lat2)) *
    SIN(dLon/2) * SIN(dLon/2);
  ca := 2 * ATAN2(SQRT(aa), SQRT(1-aa));
  da := R * ca;
```

```
return da;  
END;
```

Výpis 7: Implementace vzdálenosti

Bylo nutné také vytvořit funkci pro přepočet na radiány.

```
CREATE OR REPLACE EDITIONABLE FUNCTION "KUBA"."DEG2RAD" (deg in number)  
RETURN NUMBER  
IS pi NUMBER;  
BEGIN  
    pi := 3.14159265358979323846264338327950288;  
    RETURN(deg * (pi/180));  
END;
```

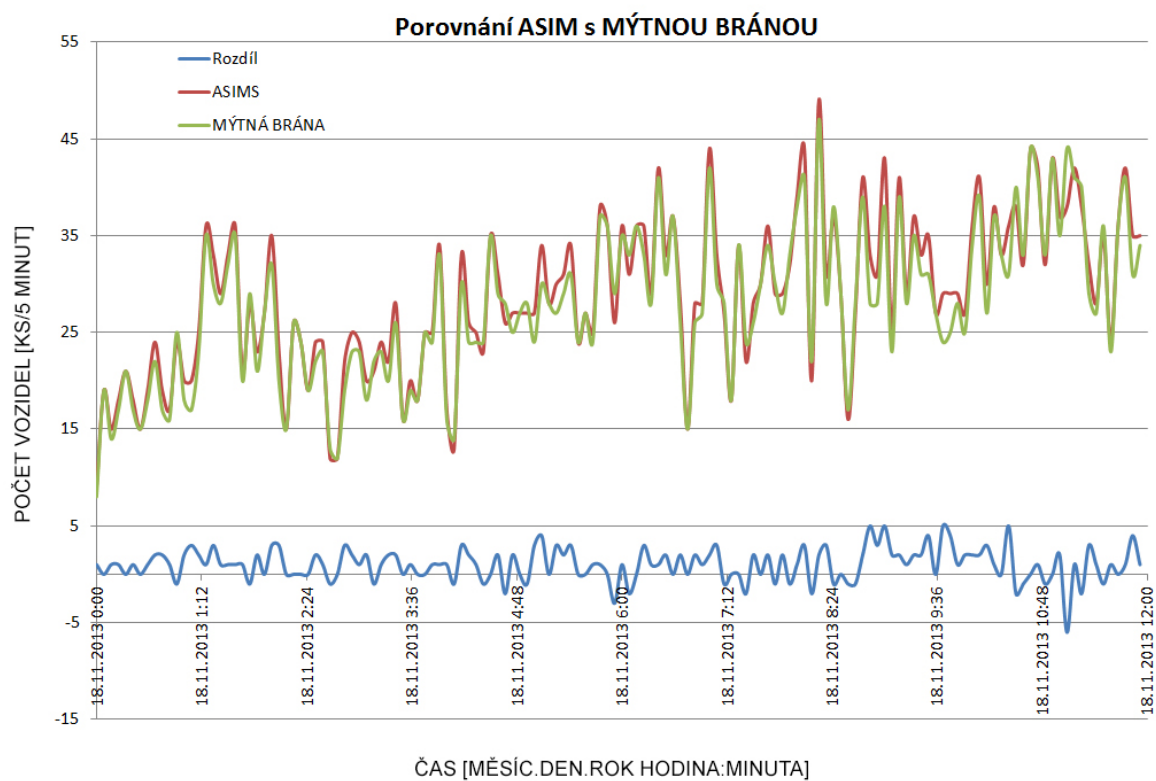
Výpis 8: Funkce DEG2RAD

Jako největší možný rozdíl ve vzdálenosti jsem navolil 100 metrů. Díky tomuto nastavení jsem zjistil, která mýtná brána je v maximální vzdálenosti 100 metrů od ASIMu. Výsledek je patrný v následující tabulce, kompletní tabulka je vzhledem k rozsáhlosti přiložena v příloze. Celkový počet shodných lokalizací u dvojic ASIM a mýtná brána je roven 60.

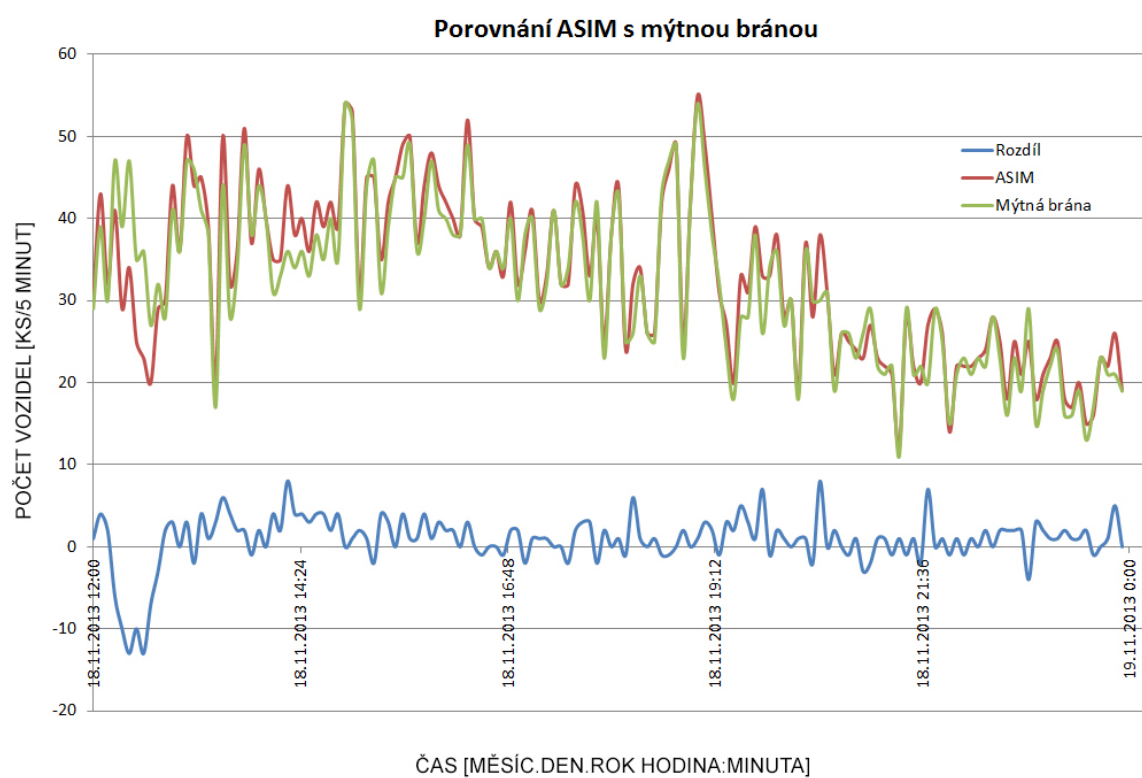
Detailní informace o vzdálenosti mezi ASIMy a mýtnými branami jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

11 Srovnání zdrojů dat

Jelikož data byla ve třech různých tabulkách, bylo nutné zajistit jejich spojení, aby bylo možné zjistit rozdíly. Detailní informace o srovnání zdrojů dat jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.



Obrázek 28: Graf srovnání zdrojů dat od 0:00 do 12:00



Obrázek 29: Graf srovnání zdrojů dat od 12:00 do 24:00

12 Rozdíly mezi zdroji dat

I přes relativně malý počet vstupních dat, kde jsem porovnával jen 2 týdny provozu, tak se v těchto datech byly v těchto případech velké rozdíly v počtech automobilů naměřených jednotlivými zdroji dat. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl tento rozdíl zmapovat a to tak, že jsem nastavil dotazu parametry. Parametry byly nastaveny takovým způsobem, že absolutní rozdíl byl minimálně 3 automobily a k tomu jsem přidal parametr, který počítal relativní rozdíl v procentech. Pokud tento rozdíl byl větší než 70%, pak jsem takovýto záznam považoval za záznam s velkým rozdílem. Počet „špatných“ záznamů je zaznamenán v následující tabulce. Z důvodu obsáhlosti tabulky je uvedena pouze její část. Kompletní tabulka je přiložena v příloze.

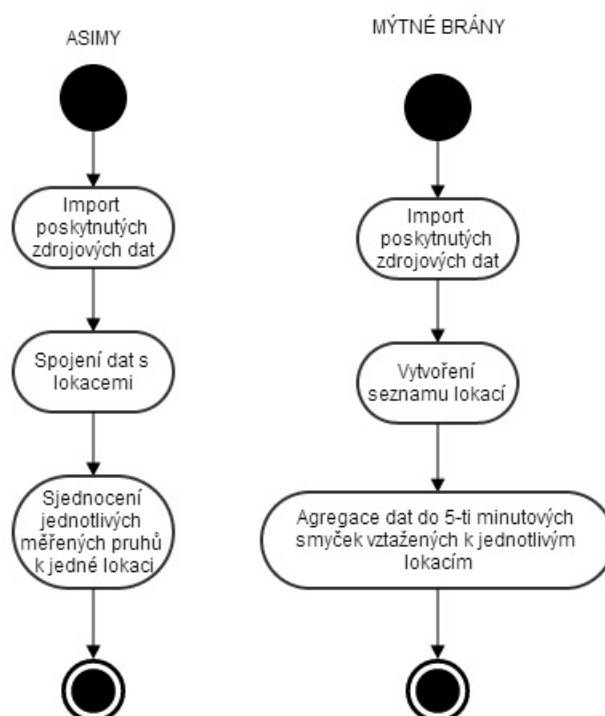
POCET ROZDILNYCH ZAZNAMU	CISLO ASIM.TOLLGATE
28	1
4	2
151	3
8	4
18	5
9	6
362	7
11	8
353	9
19	10
8	11

Tabulka 3: Tabulka rozdílnosti záznamů částečná

Celkový počet záznamů je 236 441. Jak je z tabulky patrné, některá čísla dvojic mýtná brána a ASIM měla velkou rozdílnost. Po pečlivém přezkoumání jsem zjistil, že tuto skutečnost způsobily výpadky systému a také nepřesnosti v dodaných datech (rozdílnost lokací mýtných bran a ASIMů). Detailní popis kontroly je popsán v následující kapitole.

12.1 Kontrola správnosti dat vůči původnímu zdroji

Některé z dvojic mýtných bran a ASIMů měly velkou rozdílnost, jak jsem zmiňoval v kapitole 12. V tuto chvíli jsem začal zvažovat, jaké chyby mohou nastat při zpracovávání dat, případně jaké chyby mohou nastat na straně dodavatele původních datových zdrojů. Vytvořil jsem si tedy následující diagram aktivit, který ukazuje, jak se tato data zpracovávala.



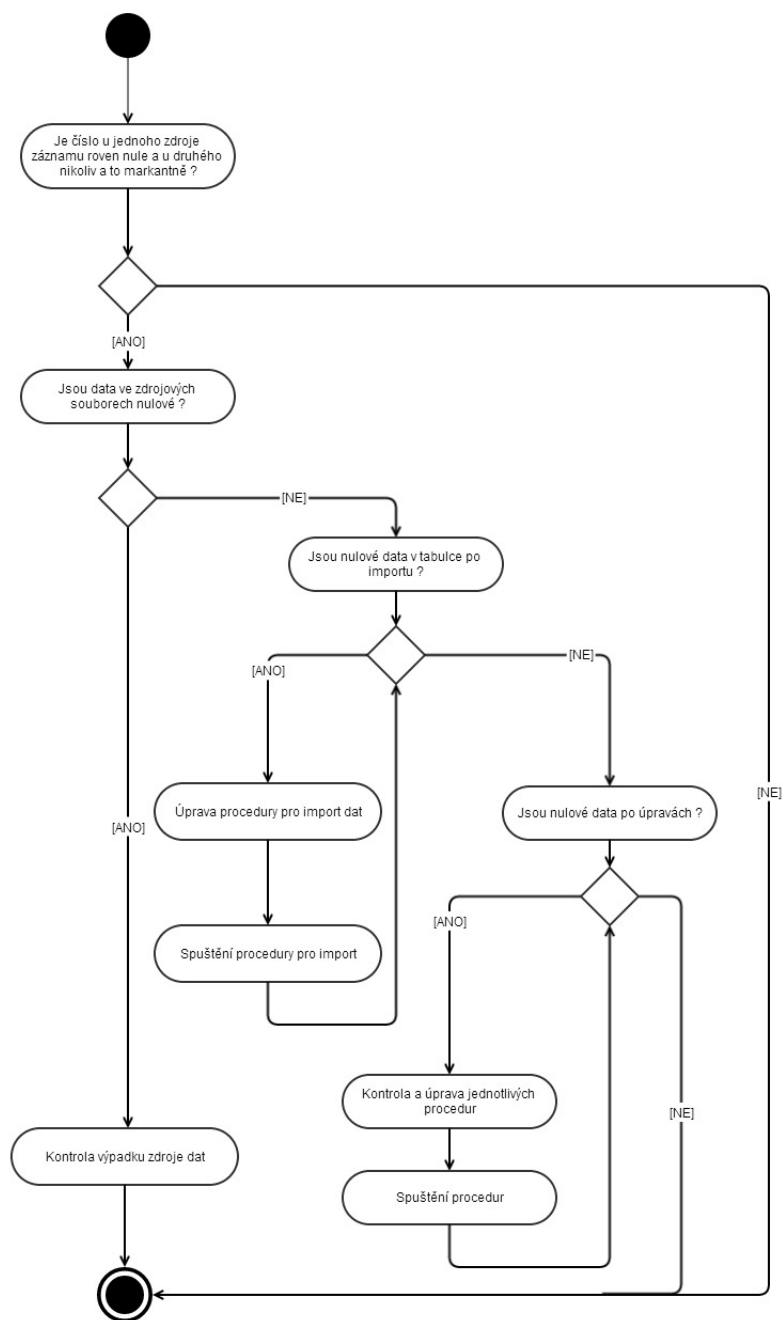
Obrázek 30: Proces zpracování

Vytvořením tohoto diagramu jsem zjistil možnosti, jež mohou způsobovat problémy:

- ASIM
 - Problém ve zdrojových datech.
 - Problém ve spojení s lokacemi.
 - Problém ve sjednocení k jednotlivým lokacím.
- Mýtné brány
 - Problém ve zdrojových datech.
 - Problém v agregaci do 5 minutových smyček.
- Obecné problémy
 - Nepřesné určení jednotlivých pozic.

V případě, bylo v mýtných branách nějaké číslo,, kdežto v ASIMech se počet rovnal nule, bylo potřeba vytvořit postup , jakým způsobem zjistit, kde se takováto chyba nachází. Pro nalezení chyb jsem využíval následující postup 12.1, kterým jsem kontroloval, zda se chyba nachází na straně dodavatele, či chyba nastala při zpracovávání dat.

Nastavil jsem si tedy postup jak zkontrolovat, kde došlo k chybě. Jelikož bylo množství dat opravdu velké a v surových datech nelze vyhledávat jinak než ručně, tak jsem zkontroloval několik desítek záznamů s velkou chybovostí a došel jsem k závěru, že se převážně jedná o chybu způsobenou výpadkem na straně dodavatele dat.

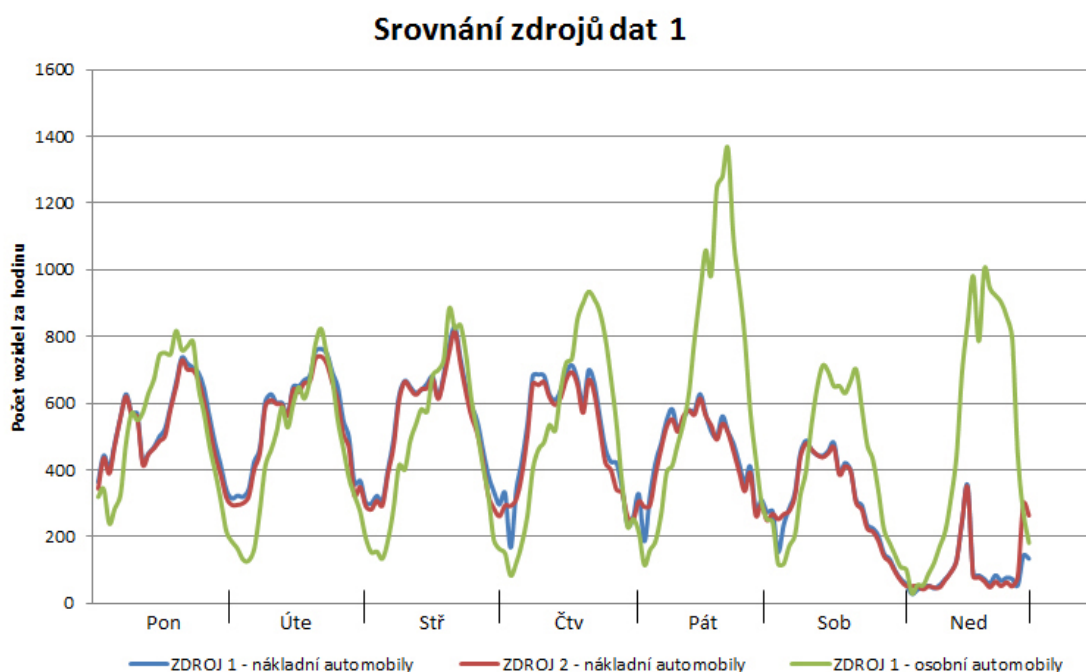


Obrázek 31: Proces zpracování

13 Výstupy

Na základě zpracovaných dat bylo možné k jednotlivým lokalizacím, na kterých se nachází mýtná brána i ASIM, vytvořit výstupy. Některé z těchto dvojic jsou uvedeny níže v grafech, lokalizace těchto míst jsou v následujícím seznamu ve formátu zeměpisná šířka, zeměpisná délka.

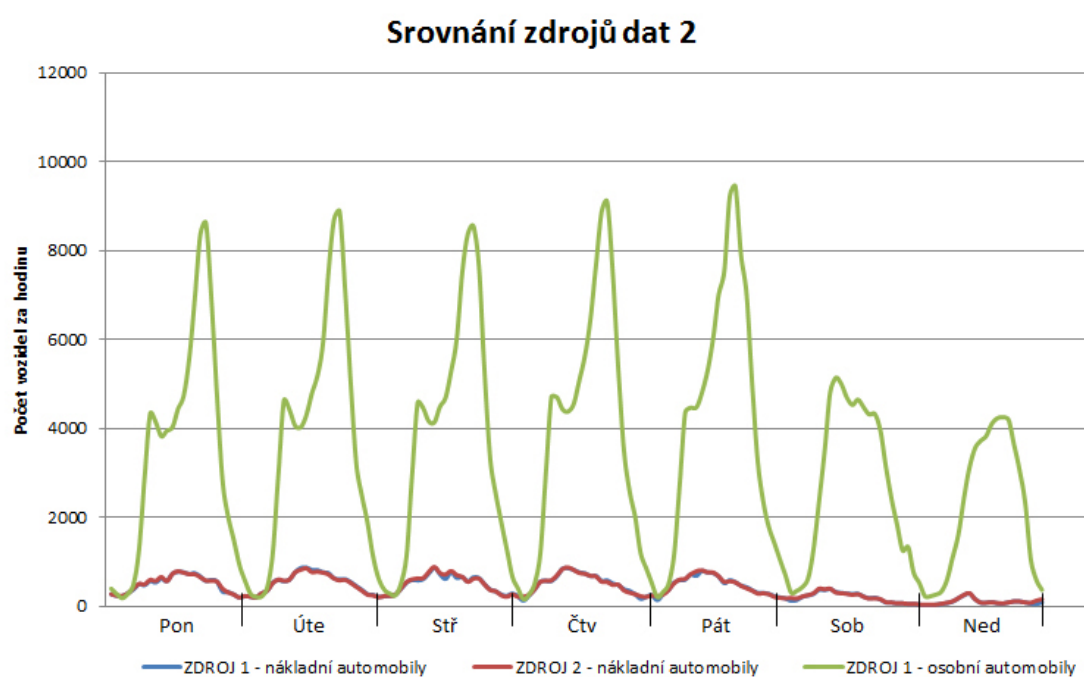
Detailní informace o výstupech jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.



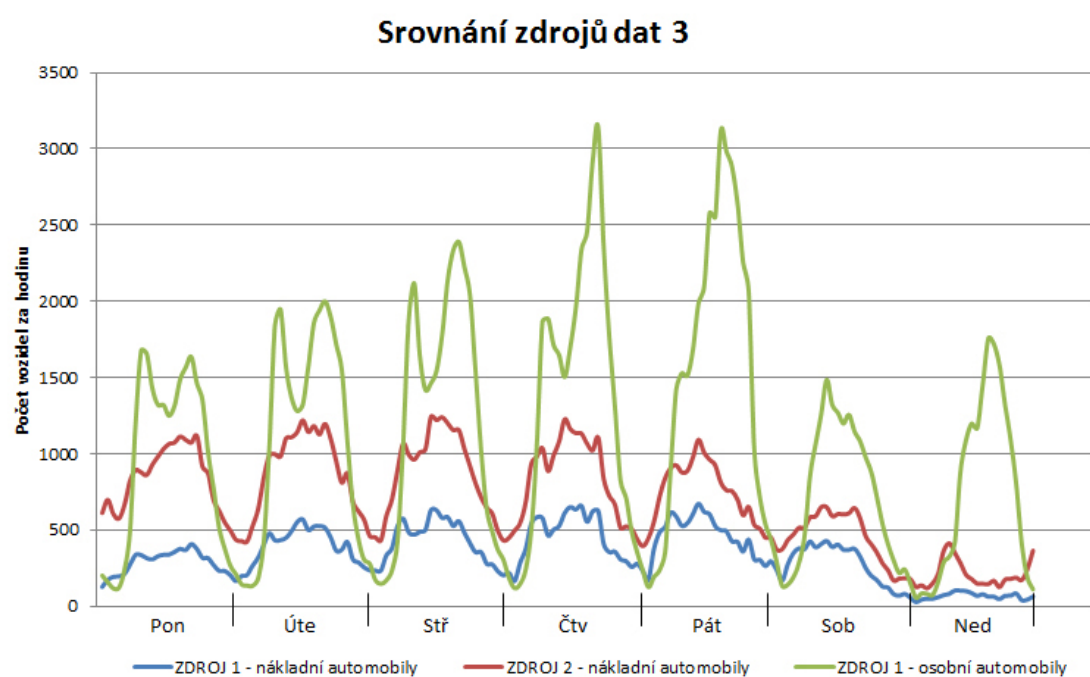
Obrázek 32: Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 1

Jak je vidět z těchto ukázek grafů provozu, tak je možné vypořizovat určité podobnosti v rámci průběhu grafu u nákladních automobilů, kde je patrné, že o víkendech je provoz vůči zbytku týdne na minimálních úrovních. Další a předpokládaná shoda, je pak v pátečních odpoledních hodinách u provozu osobních automobilů, kde je patrný velký nárůst provozu ve všech pěti ukázkových grafech.

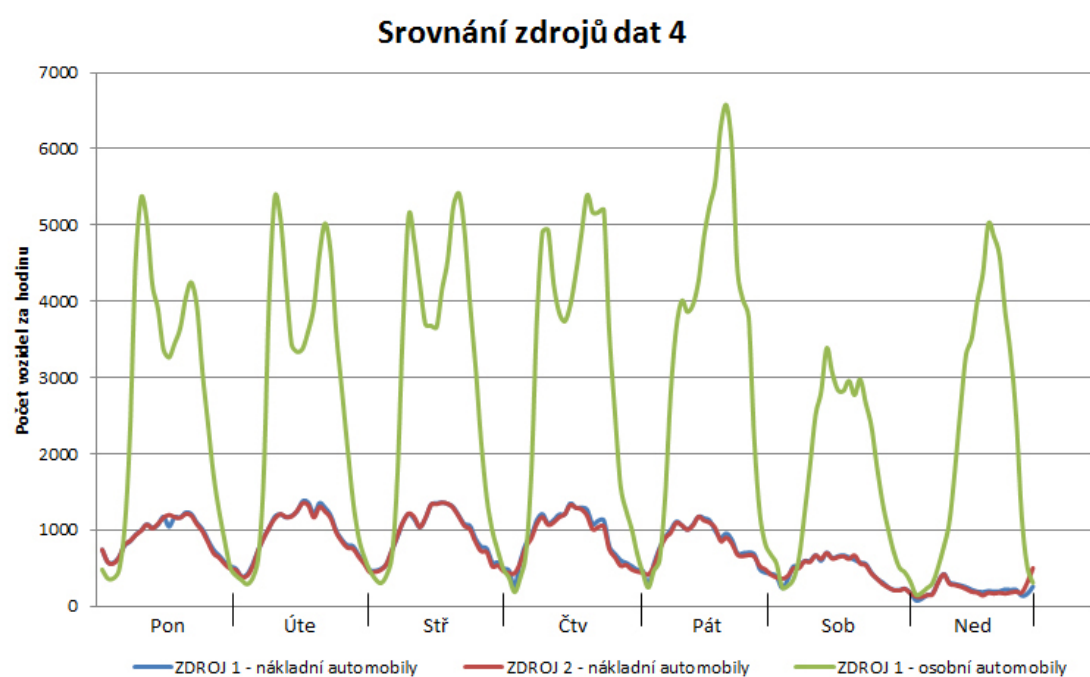
Dlouhodobější statistiky, ze kterých bylo možné vypořizovat, zdali jsou tyto průběhy provozu na daných branách stejné v rámci několika desítek týdnů, jsem bohužel neměl k dispozici, tudíž mohu usuzovat pouze z této několikadenní časové smyčky.



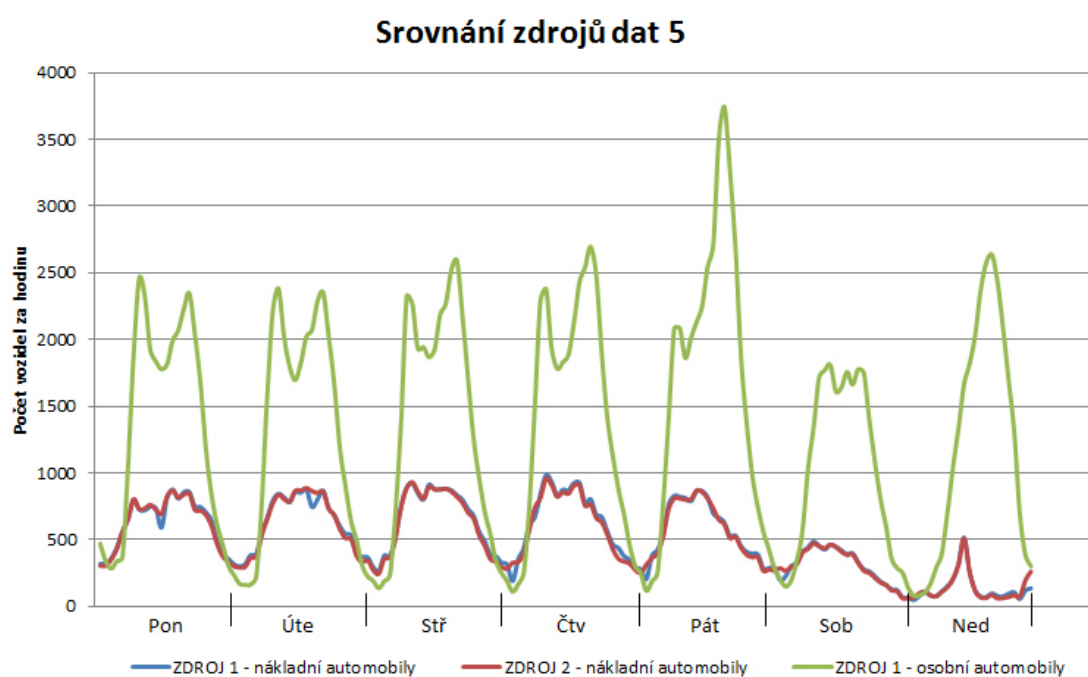
Obrázek 33: Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 2



Obrázek 34: Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 3



Obrázek 35: Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 4



Obrázek 36: Srovnání zdrojů dat na lokalizaci 5

14 Statistické výstupy

Pro představu o tom, jak jsou data z ASIMů a mýtných bran rozdílná, jsem se rozhodl využít statistickým metod pro vyjádření rozdílnosti. Z těchto metod jsem se rozhodl využít číselné popisy rozložení dat jako jsou rozptyl, maximum, minimum, průměr a medián. Dále jsem také využíval IQR, míry špičatosti a šikmosti. Pro grafické znázornění jsem použil histogram četnosti, krabicový graf a bodový graf.

14.1 Porovnání zdrojů dat ze statistického hlediska

Pro ukázkou, jakým způsobem se mohou mýtné brány s ASIMy shodovat nebo rozcházet ve výsledcích jsem porovnal data na dvou lokalizacích, kde jsem vybral v příkladu 1 data, která byla téměř shodná a poté v příkladu 2 jsem vybral data, která měla velkou rozdílnost v naměřených datech. Data jsou do 11.11.2013 00:00 do 24.11.2014 21:15 a to v 5 minutových smyčkách.

Detailní informace o porovnání zdrojů dat jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

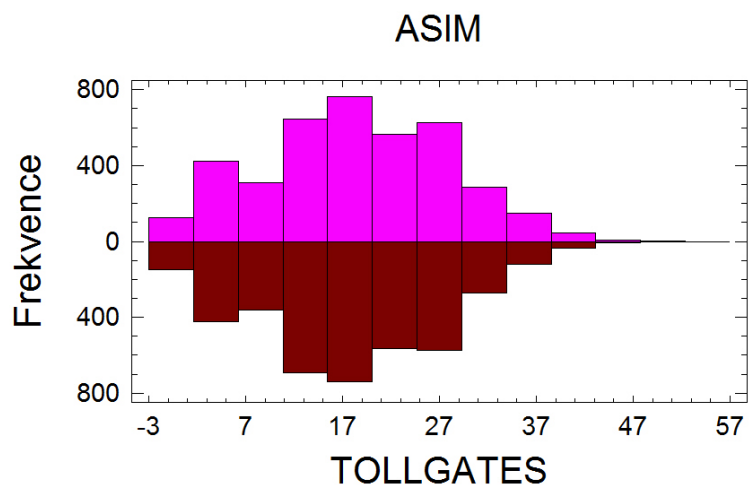
14.1.1 Příklad 1

V příkladu 1 popisuji první možnost, kdy data z ASIMů i mýtných bran byla téměř shodná. Všechna data v příkladu 1 se vztahují k počtu vozidel v pětiminutové smyčce.

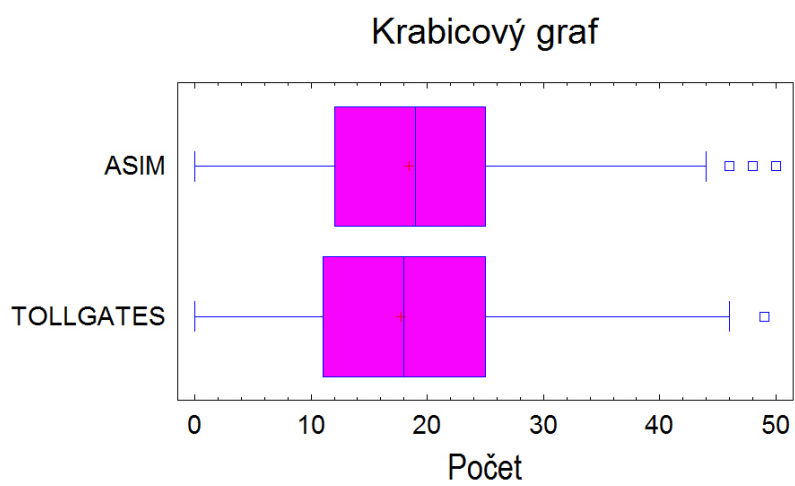
	ASIMY	Mýtné brány
Počet hodnot	3948	3948
Průměr	18,4	17,73
Medián	19	18
Geometrický průměr	90,55	88,78
Směrodatná odchylka	9,52	9,42
Minimum	0	0
Maximum	50	49
Rozpětí	50	49
IQR	13	14
Standardizovaná šikmost	0,61	1,66
Standardizovaná špičatost	-7,43	-7,66
Variační koeficient	51,71%	53,14%

Tabulka 4: Statistické výstupy příklad 1

Z tohoto číselného popisu rozložení dat je velmi dobře vidět, že údaje průměr, medián, směrodatná odchylka, minimum, maximum a rozpětí projíždějících vozidel jsou mezi ASIMy a mýtnými branami velmi podobné. Stejně tak je možné sledovat tuto podobnost u IQR, standardizované šikmosti a variačního koeficientu. Můžeme tedy tato data považovat za data, která jsou téměř shodná.

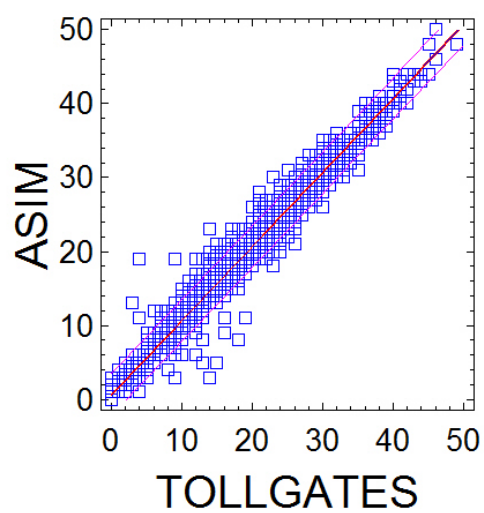


Obrázek 37: Histogram četnosti příklad 1



Obrázek 38: Krabicový graf příklad 1

Graf závislosti



Obrázek 39: Bodový graf závislosti příklad 1

14.1.2 Příklad 2

Nyní příklad, kde se data z ASIMů a mýtných bran neshodovala. Všechna data v příkladu 2 se vztahují k počtu vozidel v pětiminutové smyčce.

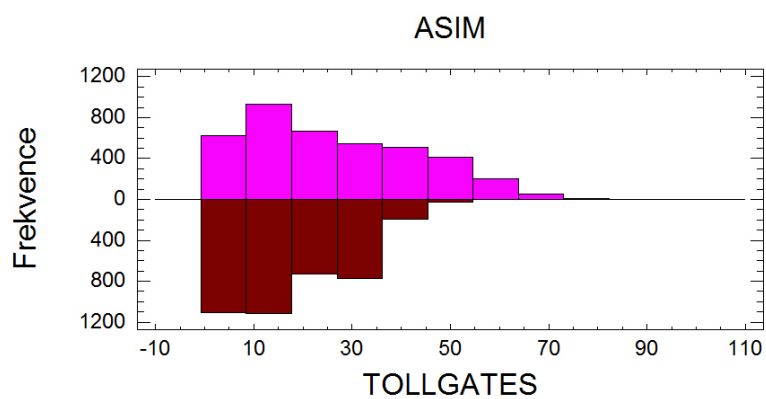
	ASIMY	Mýtné brány
Počet hodnot	3948	3948
Průměr	26,41	17,26
Medián	23	15
Geometrický průměr	296,97	129,68
Směrodatná odchylka	17,23	11,39
Minimum	0	0
Maximum	97	58
Rozpětí	97	58
IQR	28	19
Standardizovaná šikmost	13,13	12,57
Standardizovaná špičatost	-8,54	-9,64
Variační koeficient	65,25%	65,96%

Tabulka 5: Statistické výstupy příklad 2

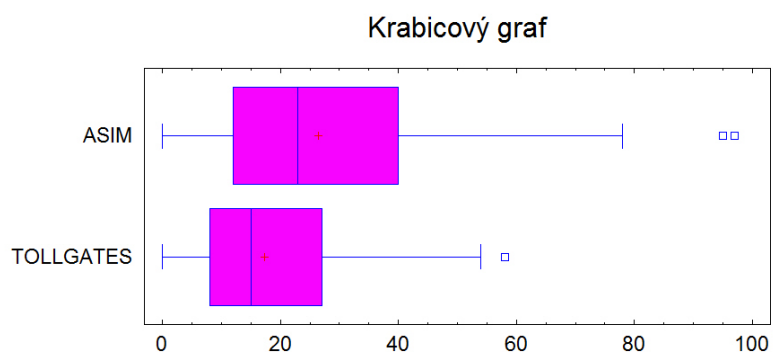
Již z průměrů, jejichž rozdíl je 9 vozidel za pět minut, je zřejmé, že data jsou velmi odlišná. Mediány, které jsou v příkladu 2 rozdílné, nám ukazují, že soubor má odlišnou skladbu, což je patrné i z ukazatelů maximum, minimum a rozpětí. Směrodatné odchylky, které určují jak moc se od sebe liší typické případy v souborech zkoumaných čísel, indikují, jak jsou data vzdálena od průměru. I tento ukazatel jasně ukazuje velké rozdíly mezi daty z ASIMů a daty z mýtných bran.

IQR, nazývané mezikvartilové rozpětí, je rozdíl mezi vrchním a spodním kvantilem, ukazující v případě ASIMů na to, že oblast středních padesáti procent hodnot proměnné je roven 28 a v případě mýtných bran se jedná o oblast rovnou 19. I zde je zcela zřejmé, že data nejsou v žádném případě stejná ani podobná.

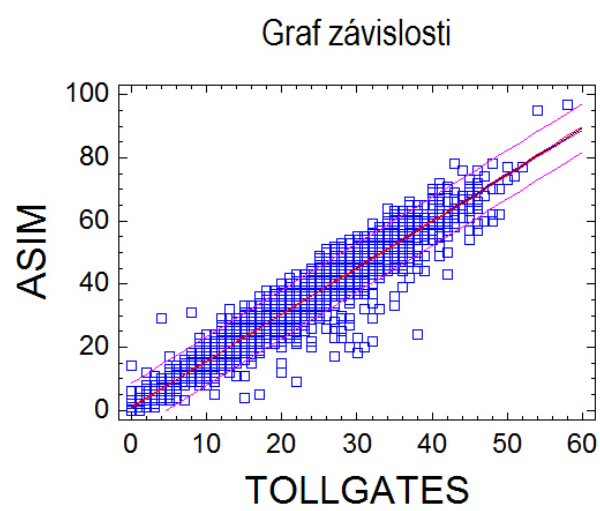
Koeficient šikmosti ukazuje jakým způsobem je rozdělení náhodné veličiny nesymetrické, v našem případě číslo 2 se jedná o kladnou šikmost, která naznačuje, že se vpravo od průměru vyskytují odlehlejší hodnoty než vlevo v obou případech jak u ASIMů, tak i mýtných bran. Záporná špičatost naznačuje, že rozdělení hodnot je rovnoměrnější než je tomu u normálního rozdělení a to v případě dat z ASIMů i v případě dat z mýtných bran.



Obrázek 40: Histogram četnosti příklad 2



Obrázek 41: Krabicový graf příklad 2



Obrázek 42: Bodový graf závislosti příklad 2

15 Druhý soubor dat určený k analýze

Po zpracování první sady dat, která byla popsána v předchozích kapitolách a to od importu, přes prvotní zpracování až po srovnání obou typů datových zdrojů a vyhledávání chyb, přišlo na řadu zpracování další sady dat. Toto zpracování a rozdíly oproti původním datům rozepíši v následujícím textu.

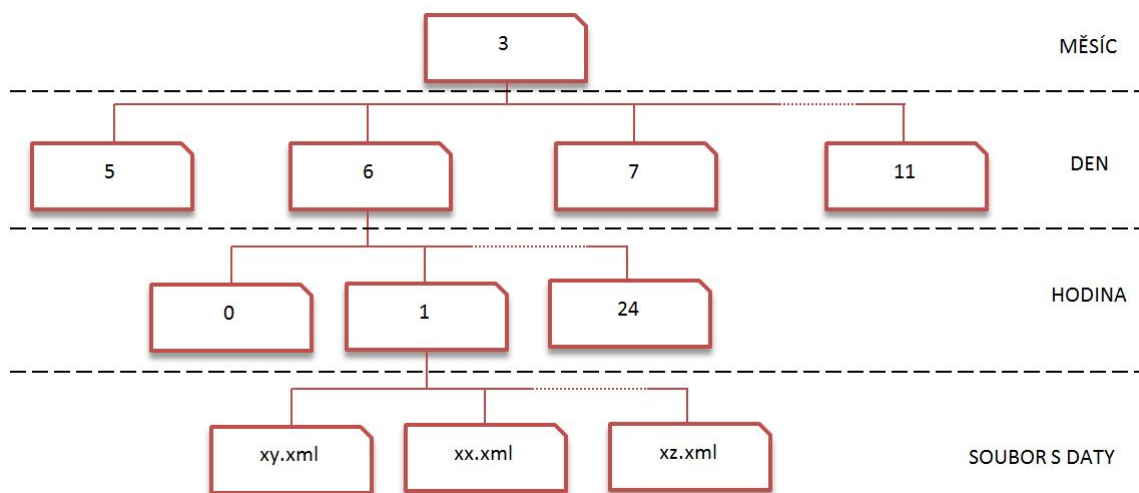
15.1 Struktura dat z mýtných bran

Struktura a uložení dat z mýtných bran byly totožné se strukturou, která byla popsána v kapitole o struktuře dat několik kapitol zpět 8.1.1.

Detailní informace o struktuře dat z mýtných bran jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

15.2 Struktura dat z ASIMů

O poznání větší změna proběhla u dat z ASIMů, kde se změnil formát datového výstupu z původních csv souborů, které obsahovaly data k jednotlivým měřicím lokalizacím, na XML soubory. Další změna proběhla také ve struktuře složek, které bylo potřeba zpracovat a to tak, že se změnila na stromovou strukturu, která je popsána níže.



Obrázek 43: Struktura složek

Detailní informace o struktuře dat z ASIMů jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

15.3 Proces zpracování dat

15.3.1 Mýtné brány

U mýtných bran docházelo ke zpracování dat obdobným způsobem jako v případě prvně dodaných dat. Jednalo se o tento proces:

1. Vytvoření tabulky o umístění jednotlivých mýtných bran.
2. Vytvoření potřebné tabulky pro zobrazení dat pomocí GeoRaptoru.
3. Na každou bránu dle umístění spočítat 5 minutové smyčky potřebné pro srovnání s ASIMY.

15.3.2 ASIMy

U ASIMů bylo zapotřebí data upravit tak, aby byla připravena pro srovnání s daty o mýtných branách.

1. Spojení nově importovaných dat s jejich lokalizacemi.
2. Úprava dat a to sjednocení dat v rámci jedné lokalizace.

15.4 Srovnání dat

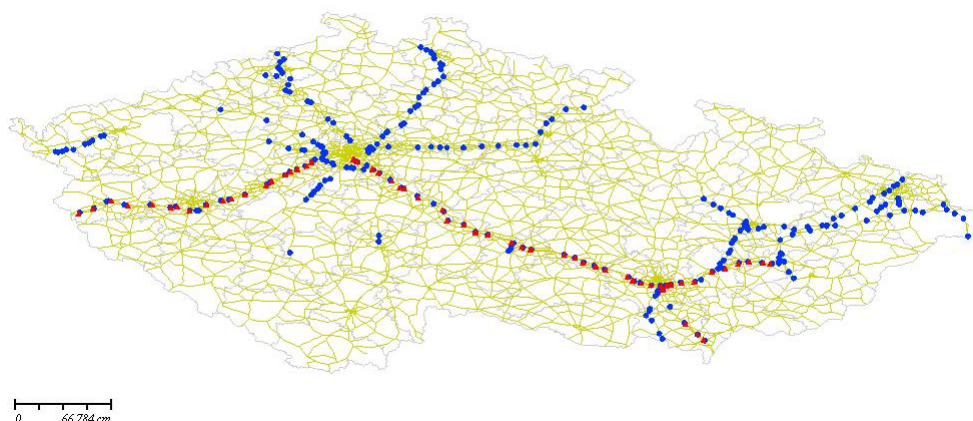
V této části se pokusím srovnat data z první sady s daty novými. Srovnávána budou jak data v rámci této nové sady, tak budou srovnávána i data ze staré sady s daty z nové sady.

15.4.1 Výpočet vzdáleností mezi jednotlivými lokalizacemi

Pro srovnání jednotlivých pozic ASIMů a mýtných bran jsem využil funkci pro výpočet vzdálenosti mezi dvěma body určenými pomocí zeměpisné šířky a zeměpisné délky, která je popsána výše v kapitole 10.3. Vzdálenost tedy byla měřena mezi původními lokalizacemi ASIMů a novými lokalizacemi mýtných bran. Ukázka výstupu seřazeného dle vzdálenosti:

Detailní informace o vzdálenosti mezi lokalizacemi jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.

Kde je zcela jasné, že rozdíly jsou od 50 metrů na první pozici až po několik stovek metrů. Tuto rozdílnost je možné si také zobrazit graficky, což je vidět na obrázku.



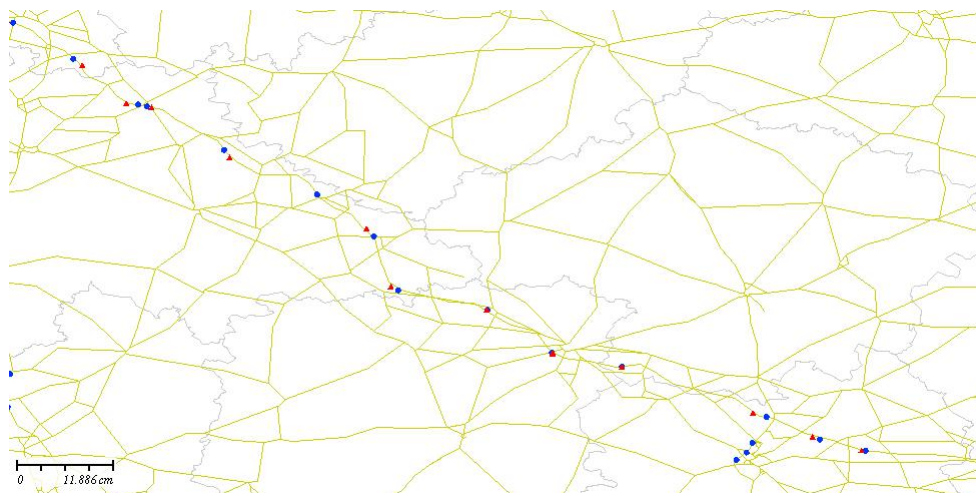
Obrázek 44: Rozdílnost dat

Kde v detailu je možné vidět rozdílnost :

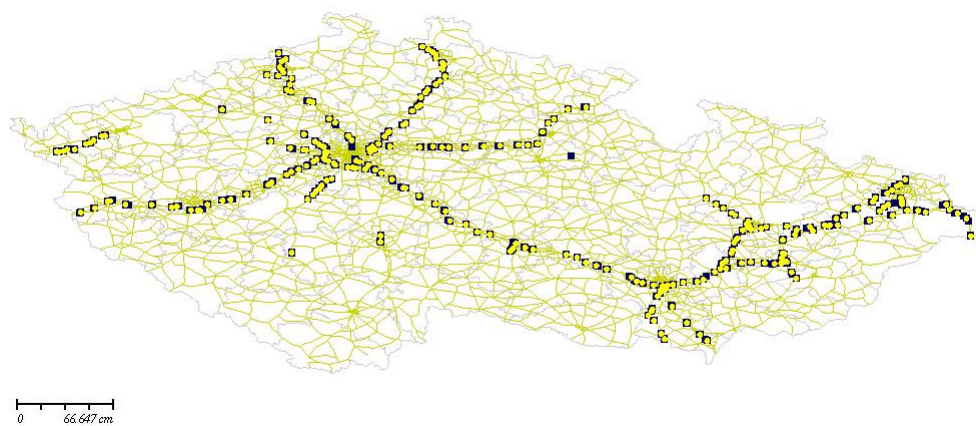
15.4.2 Srovnání dat mezi datovými sadami

Jako první srovnání se nabízí srovnání mezi lokalizacemi, které se nacházely v rámci první sady dat a druhé sady dat, přesněji rozdílnost mezi lokalizacemi mýtných bran v první sadě a lokalizacemi mýtných bran v druhé sadě dat. Jejich rozdílnost vyjádřena graficky je na obrázku níže.

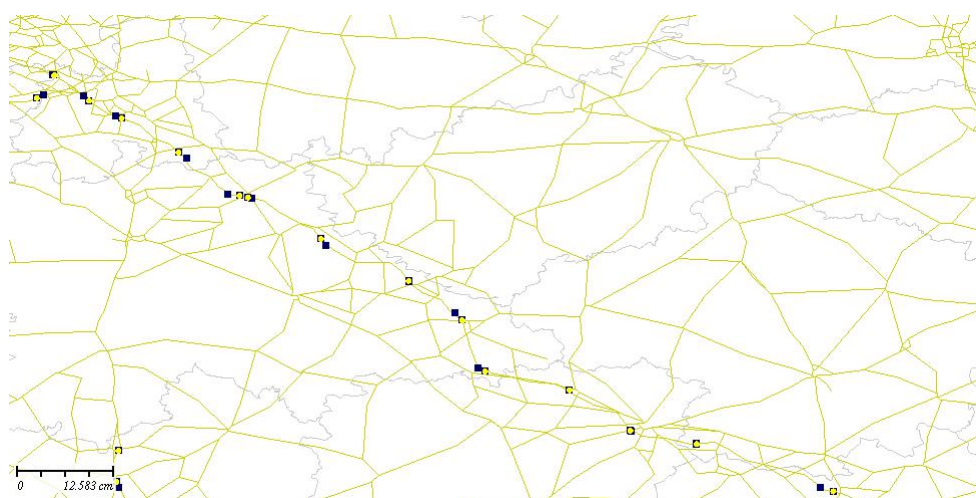
Z obrázku výše je možné vidět, že počet pozic na obrázku se zvýšil. Zvýšení bylo z původních 253 lokalizací na 484. Z původních dat je na úplně stejných lokalizacích pouze 6 mýtných bran z čeho můžu usuzovat, že došlo k upřesnění poloh jednotlivých mýtných bran.



Obrázek 45: Rozdílnost dat detail



Obrázek 46: Srovnání dat z první sady a druhé sady



Obrázek 47: Srovnání dat z první sady a druhé sady detail

16 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo přiblížit v teoretické části možnosti, jakým způsobem lze získávat dopravní data, jaké technologie se s těmito možnostmi pojí a jaké technologie se využívají pro určování polohy.

V praktické části této práce je popsána struktura dat, jejich importování pro různé zdroje dat a také úpravy, které bylo zapotřebí udělat, aby bylo možné srovnat zdroje dopravních dat, které mi byly poskytnuty. V této části jsou k dispozici také zdrojové kódy určené pro zpracování dat, které jsou poskytovány dodavateli. Tyto procedury je možné opakovatelně využít pro import dalších sad a to v jak v případě dat z mýtných bran tak i v případě dat z ASIMů (CSV soubory nebo XML soubory).

Výsledek srovnání, který je platný pro první sadu dat, je takový, že na některých místech se data téměř shodovala, kdežto na jiných byl rozdíl v řádech i několika stovek procent. K tomu rozdílu docházelo například výpadkem systému. Do budoucna by bylo zajímavé zjistit, zdali se v daných místech opakuje vzor hustoty provozu pro daný den v týdnu nebo jak moc souvisí plynulost provozu s počtem nákladních automobilů. Další aplikací, která by byla přínosem pro inteligentní dopravní systémy by zřejmě bylo i předvídání kolon a jejich objíždění, bez toho, aby došlo k přehlcení objížděných tras v případě uzavírky na silnici nebo dopravní nehody. Pro tuto analýzu by bylo nutné mít k dispozici data o vozidlech za několik uplynulých let a to nejen na hlavních tazích, ale i na zmíněných objížděných trasách.

I po odevzdání této diplomové práce budu dále sledovat vývoj jak v inteligentních dopravních systémech a jejich praktickém využití, tak i ve zpracování dopravních dat, jelikož mě tento obor velice zaujal svou obsáhlostí a obrovským potenciálem, který má v blízké budoucnosti.

17 Reference

- [1] Telematické systémy - obecné informace. *Http://www.dopravniinfo.cz/* [online]. [© 2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz/obecne-informace>
- [2] Základní definice dopravní telematiky: Obecná definice telematiky. *Http://www.lt.fd.cvut.cz/* [online]. [2001] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2001/definice.htm
- [3] Telematics History And Future Predictions. PRIME, Robert. *Http://www.telematics.com/* [online]. 2013 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.telematics.com/guides/telematics-history-future-predictions/>
- [4] History of the Deployment of transport Telematics. *Http://cordis.europa.eu/* [online]. [2000] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://cordis.europa.eu/telematics/tap_transport/intro/benefits/history.htm
- [5] Sčítání dopravy, stupně provozu a detekce kolon. *Http://www.dopravniinfo.cz/* [online]. [© 2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz/scitani-dopravy-a-detekce-kolon>
- [6] Elektronické mýto. *Http://www.dopravniinfo.cz/* [online]. [© 2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz/elektronicke-myto>
- [7] Mýtné systémy. BĚLINOVÁ, Zuzana. *Http://www.lss.fd.cvut.cz/* [online]. [2010] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/vyuka/tss/soubory/5-mytne-systemy.pdf>
- [8] Road User Charging & Electronic Toll Collection. PICKFORD, Andrew. *Http://www.itschile.cl/* [online]. [2008] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.itschile.cl/descargas/presentacion_andrew_pickford.pdf
- [9] Elektronický výběr poplatků. PLÍŠKA, Zdeněk. *Http://www.odbornecasopisy.cz/* [online]. [© 2014] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=29025
- [10] Digifort LPR. *Http://www.digifort.com.br/* [online]. [© 2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.digifort.com.br/lpr>
- [11] Slovensko od ledna zavádí elektronické mýto. *Http://www.ceskatelevize.cz/* [online]. [© 2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/75923-slovensko-od-ledna-zavadi-elektronicke-myto/>
- [12] Mýto na Slovensku - čo o ňom viete?. *Http://www.profivodic.sk/* [online]. [© 2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.profivodic.sk/myto_na_slovensku

-
- [13] Systém elektronického mýta v České republice. ČERNÝ, Václav. *Http://expert.fd.cvut.cz/* [online]. 2008 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://expert.fd.cvut.cz/datastore/2nd_seminnar/Cerny.pdf
 - [14] Elektronické mýto. *Http://www.ceskedalnice.cz/* [online]. [2012] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/pro-ridice/elektronicke-myto>
 - [15] Historie mýtného systému. *Http://www.mytocz.eu/* [online]. [© 2014] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.mytocz.eu/cs/mytny-system/vyvoj-systemu/index.html>
 - [16] Diferencované mýtné a nově zpoplatněné úseky silnic. VOJÍKOVÁ, Martina. *Http://zpravy.alfa9.cz/* [online]. 2009, 2010 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://zpravy.alfa9.cz/absolutenm/templates/zprava.aspx?articleid=111&zoneid=3>
 - [17] Mapa zpoplatnění. *Http://mytocz.eu/* [online]. [© 2014] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://mytocz.eu/cs/mytny-system/mapa-zpoplatneni/index.html>
 - [18] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002, 197 s. ISBN 80-248-0124-8.
 - [19] Globální družicový polohový systém. *Http://cs.wikipedia.org/* [online]. [2013] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD_dru%C5%BEicov%C3%BD_polohov%C3%BD_syst%C3%A9m
 - [20] The Global Positioning System. *Http://www.gps.gov/* [online]. [2014] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/systems/gps/>
 - [21] Princip a fungování GPS. *Http://www.rydval.cz/* [online]. [2005] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.rydval.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2005110301>
 - [22] Co to je GPS? Historie a úvod do problematiky. *Http://www.svetmobilne.cz/* [online]. [2005] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.svetmobilne.cz/co-to-je-gps-historie-a-uvod-do-problematiky/244>
 - [23] Space Segment. *Http://www.gps.gov/* [online]. [2014] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
 - [24] Control Segment. *Http://www.gps.gov/* [online]. [2014] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/systems/gps/control/>
 - [25] Historie relačních databází. ŽÁK, Karel. *Http://www.root.cz/* [online]. [2001] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/historie-relacnich-databazi/>

-
- [26] Trocha z historie relačních databází. *Http://www.managed-dedicated-serverny.net/* [online]. [2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.managed-dedicated-serverny.net/trocha-z-historie-relacnich-databazi.html>
- [27] Databázové systémy. HRONEK, Jiří. *Http://phoenix.inf.upol.cz/* [online]. [2007] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://phoenix.inf.upol.cz/esf/ucebni/databa.pdf>
- [28] Databáze a jazyk SQL. SKŘIVAN, Jaromír. *Http://interval.cz/* [online]. [2000] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://interval.cz/clanky/databaze-a-jazyk-sql/>
- [29] Historie prostorových databází. KOCAN, Marek. *Http://www.cad.cz/* [online]. [2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/gis/80-gis/4689-historie-prostorovych-databazi.html>
- [30] Prostorové databáze. JANEČKA, Karel. *Http://gis.zcu.cz/* [online]. [2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/pdb/pdf/01-PDB-Uvodni-prednaska.pdf>
- [31] The History of Oracle. PORTUGAL, Paulo Ferreira. *Http://www.dba-oracle.com/* [online]. [2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.dba-oracle.com/t_history_oracle.htm
- [32] 27th Anniversary. *Http://www.oracle.com/* [online]. [2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.oracle.com/us/corporate/profit/p27anniv-timeline-151918.pdf>
- [33] Historie Oracle Corporation. *Http://businessworld.cz/* [online]. [2008] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://businessworld.cz/veda-a-historie/historie-oracle-corporation-1801>
- [34] Oracle® Spatial Developer's Guide: 11g Release 1 (11.1). *Http://docs.oracle.com/* [online]. [2009] [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://docs.oracle.com/cd/B28359_01/appdev.111/b28400.pdf
- [35] Monitorování pohybu dopravních proudů – nutný základ pro organizaci a řízení silniční dopravy. HÁJEK, Martin. *Http://www.dopravnicesta.cz/* [online]. [© 2010] [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.dopravnicesta.cz/file/monitorovani-dopravnich-proudu-nutny-zaklad-pro-organizaci\discretionary{-}{-}{-}{-}-a-rizeni-silnicni-dopravy/>
- [36] BRUNA, Jiří. *STUDIE PROVOZUSCHOPNOSTI SILNIČNÍ SÍŤE S VYUŽITÍM TELEMATICKÝCH PŘÍSTUPŮ* [online]. Brno, 2008 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/4884/Diplomova%20prace%20verejna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce MARIE JUROVÁ.

- [37] E-mailová korespondence s Markem Ščerbou, Centrum dopravního výzkumu [online].[cit. 2014-04-20].

Přílohy jsou k dispozici v neveřejné části této diplomové práce, která je k dispozici na vyžádání na katedře informatiky.